Edilson Antonio Catapan
Organizador

ABORDAGENS LIGADAS ÀS CIÊNCIAS EXATAS

VOL. 1

São José dos Pinhais
2021

Edilson Antonio Catapan

(Organizador)

Abordagens ligadas às ciências exatas

Vol. 01

Brazilian Journals Editora

2021

2021 by Brazilian Journals Editora
Copyright © Brazilian Journals Editora
Copyright do Texto © 2021 Os Autores
Copyright da Edição © 2021 Brazilian Journals Editora
Editora Executiva: Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan
Diagramação: Aline Barboza Coelli
Edição de Arte: Aline Barboza Coelli
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos livros e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial:

Profª. Drª. Fátima Cibele Soares - Universidade Federal do Pampa, Brasil
Prof. Dr. Gilson Silva Filho - Centro Universitário São Camilo, Brasil
Prof. Msc. Júlio Nonato Silva Nascimento - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil
Profª. Msc. Adriana Karin Goelzer Leining - Universidade Federal do Paraná, Brasil
Prof. Msc. Ricardo Sérgio da Silva - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Prof. Esp. Haroldo Wilson da Silva - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
Prof. Dr. Orlando Silvestre Fragata - Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Prof. Dr. Orlando Ramos do Nascimento Júnior - Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
Profª. Drª. Angela Maria Pires Caniato - Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Profª. Drª. Genira Carneiro de Araujo - Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. José Arilson de Souza - Universidade Federal de Rondônia, Brasil
Profª. Msc. Maria Elena Nascimento de Lima - Universidade do Estado do Pará, Brasil
Prof. Caio Henrique Ungarato Fiorese - Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
Profª. Drª. Silvana Saionara Gollo - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil
Profª. Drª. Mariza Ferreira da Silva - Universidade Federal do Paraná, Brasil
Prof. Msc. Daniel Molina Botache - Universidad del Tolima, Colômbia
Prof. Dr. Armando Carlos de Pina Filho- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
Profª. Msc. Juliana Barbosa de Faria - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Profª. Esp. Marília Emanuela Ferreira de Jesus - Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof. Msc. Jadson Justi - Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Profª. Drª. Alexandra Ferronato Beatrici - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil
Profª. Msc. Caroline Gomes Mâcedo - Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Dilson Henrique Ramos Evangelista - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil
Prof. Dr. Edmilson Cesar Bortoletto - Universidade Estadual de Maringá, Brasil

Prof. Msc. Raphael Magalhães Hoed - Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
Profª. Msc. Eulália Cristina Costa de Carvalho - Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof. Msc. Fabiano Roberto Santos de Lima - Centro Universitário Geraldo di Biase, Brasil
Profª. Drª. Gabrielle de Souza Rocha - Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Helder Antônio da Silva, Instituto Federal de Educação do Sudeste de Minas Gerais, Brasil
Profª. Esp. Lida Graciela Valenzuela de Brull - Universidad Nacional de Pilar, Paraguai
Profª. Drª. Jane Marlei Boeira - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil
Profª. Drª. Carolina de Castro Nadaf Leal - Universidade Estácio de Sá, Brasil
Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Morais - Universidade do Vale do Rio do Sino, Brasil
Prof. Dr. Richard Silva Martins - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul Rio Grandense, Brasil
Profª. Drª. Ana Lídia Tonani Tolfo - Centro Universitário de Rio Preto, Brasil
Prof. Dr. André Luís Ribeiro Lacerda - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
Prof. Dr. Wagner Corsino Enedino - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
Profª. Msc. Scheila Daiana Severo Hollveg - Universidade Franciscana, Brasil
Prof. Dr. José Alberto Yemal - Universidade Paulista, Brasil
Profª. Drª. Adriana Estela Sanjuan Montebello - Universidade Federal de São Carlos, Brasil
Profª. Msc. Onofre Vargas Júnior - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil
Profª. Drª. Rita de Cássia da Silva Oliveira - Universidade do Estado do Pará, Brasil
Profª. Drª. Leticia Dias Lima Jedlicka - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil
Profª. Drª. Joseina Moutinho Tavares - Instituto Federal da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Paulo Henrique de Miranda Montenegro - Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof. Dr. Claudinei de Souza Guimarães - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Profª. Drª. Christiane Saraiva Ogrodowski - Universidade Federal do Rio Grande, Brasil
Profª. Drª. Celeide Pereira - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Profª. Msc. Alexandra da Rocha Gomes - Centro Universitário Unifacvest, Brasil
Profª. Drª. Djanavia Azevêdo da Luz - Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof. Dr. Eduardo Dória Silva - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Profª. Msc. Juliane de Almeida Lira - Faculdade de Itaituba, Brasil
Prof. Dr. Luiz Antonio Souza de Araujo - Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Rafael de Almeida Schiavon - Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Profª. Drª. Rejane Marie Barbosa Davim - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
Prof. Msc. Salvador Viana Gomes Junior - Universidade Potiguar, Brasil
Prof. Dr. Caio Marcio Barros de Oliveira - Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Brasil
Profª. Drª. Ercilia de Stefano - Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Msc. Marcelo Paranzini - Escola Superior de Empreendedorismo, Brasil
Prof. Msc. Juan José Angel Palomino Jhong - Universidad Nacional San Luis Gonzaga - Ica, Perú
Prof. Dr. Edson da Silva - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
Prof. Dr. João Tomaz da Silva Borges - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

Profª Drª Consuelo Salvaterra Magalhães - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. José Gpe. Melero Oláguez - Instituto Tecnológico Nacional de México, Cidade do México
Prof. Dr. Adelcio Machado - Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Brasil
Profª Drª Claudia da Silva Costa - Centro Universitário Planalto do Distrito Federal, Brasil
Profª. Msc. Alicia Ravelo Garcia - Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Artur José Pires Veiga - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil
Profª Drª María Leticia Arena Ortiz - Universidad Nacional Autónoma de México, México
Profª Drª Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Brasil
Profª Drª Muriel Batista Oliveira - Faculdade de Ciências Contábeis de Nova Andradina, Brasil
Prof. Dr. José Amilton Joaquim - Universidade Eduardo Mondlane, Brasil
Prof. Msc. Alceu de Oliveira Toledo Júnior - Universidade estadual de Ponta Grossa, Brasil
Prof. Dr. Márcio Roberto Rocha Ribeiro - Universidade Federal de Catalão, Brasil
Prof. Dr. Alecson Milton Almeida dos Santos - Instituto Federal Farroupilha, Brasil
Profª. Msc. Sandra Canal - Faculdade da Região Serrana, Brasil

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C357a Catapan, Edilson Antonio

Abordagens ligadas às ciências exatas / Edilson Antonio Catapan. São José dos Pinhais: Editora Brazilian Journals, 2021.
308 p.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui: Bibliografia
ISBN: 978-65-81028-09-1.

1. Exatas. 2. Ciências. I. Catapan, Edilson Antonio II. Título

Brazilian Journals Editora
São José dos Pinhais – Paraná – Brasil
www.brazilianjournals.com.br
editora@brazilianjournals.com.br

Ano 2021

APRESENTAÇÃO

A obra intitulada “Abordagens ligadas às ciências exatas vol.01”, publicada pela Brazilian Journals, apresentam um conjunto de dezenove capítulos que visam abordar assuntos relacionados com a área das ciências exatas. A seguir são apresentados os trabalhos que compõem os capítulos desta obra.

Logo, os artigos apresentados neste volume abordam: uma metodologia simplificada para auxiliar o planejamento do alinhamento horizontal de rodovias rurais utilizando sistema de informações geográficas (SIG) e análise multicritério; desenvolvimento de um modelo de programação linear (PL) visando minimização do custo anual da rede hidráulica de um sistema de irrigação por microaspersão e operacionais, em uma área de 8,16 há; análise da literatura existente e as técnicas empregadas na reabilitação de estruturas de concreto armado com fibra de carbono; avaliação de efeitos do polimorfismo causal R441Q sobre as propriedades funcionais e estruturais da enzima ligase WWP1 da proteína ubiquitina de galinha *Gallus gallus* por estudos comparativos de predição *in silico*; revisão de literatura permeando uma temática que vem sido discutida, amplamente, pelos diversos setores da construção civil. A gestão ambiental, no que tange o reuso de resíduos deste setor, tem se mostrado promissora e agrega valor os subprodutos gerados nesta nova cadeia produtiva, entre outros.

Dessa forma, agradecemos a todos os autores por todo esforço e dedicação que contribuíram para a construção dessa obra, e esperamos que este livro possa colaborar para a discussão e entendimento de temas relevantes para a área das ciências exatas, orientando docentes, estudantes e pesquisadores à reflexão sobre os assuntos aqui apresentados.

Edilson Antonio Catapan

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01 11
SOFTWARE DE ANÁLISE DE ANOTAÇÃO GENÔMICA – GANAS: UMA FERRAMENTA PARA ANÁLISE DE ANOTAÇÕES GENÔMICAS
Pablo Alessandro Barbosa Viana
Elen Bethleen de Souza Carvalho
Whendel Mesquita do Nascimento
Roberto Alexandre Alves Barbosa Filho
David Silva de Oliveira
Enedina Nogueira Assunção
Spartaco Astolfi Filho
DOI: 10.35587/brj.ed.0001264

CAPÍTULO 02 23
ESTUDO DA PRESSÃO PRODUZIDA POR TAMBORES DE 200 LITROS PARA REALIZAR SUCÇÃO DA ÁGUA EM FUNÇÃO DOS PARÂMETROS DE ALTURA E DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO
Lisarb Padilha Pinheiro
Emerson Lopes de Amorim
Francilene Cardoso Alves Fortes
DOI: 10.35587/brj.ed.0001265

CAPÍTULO 03 38
AS TRANSFORMAÇÕES E A DINÂMICA NA OCUPAÇÃO DO TERRITÓRIO EM LUCAS DO RIO VERDE-MT
Natalício Pereira Lacerda
Almir Arantes
Marines Orlandi
Silvio Cezar Arend
DOI: 10.35587/brj.ed.0001266

CAPÍTULO 04 53
METHODOLOGY FOR PLANNING THE HORIZONTAL ALIGNMENT OF HIGHWAYS BASED ON GIS AND MULTICRITERIA ANALYSIS
Rian das Dores de Miranda
Walber Paschoal da Silva
DOI: 10.35587/brj.ed.0001267

CAPÍTULO 05 78
OTIMIZAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADO UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR
Wlisses Matos Maciel
João Carlos Cury Saad
DOI: 10.35587/brj.ed.0001268

CAPÍTULO 06 96
MODELOS MOLECULARES CONFECCIONADOS EM PAPEL PARA ESTUDO DO CONTEÚDO DE ESTEREOQUÍMICA
Heriberto Rodrigues Bitencourt
Heriberto da Costa Bitencourt

Andrey Moacir do Rosário Marinho
Antônio Pedro da Silva Souza Filho
José Ciríaco Pinheiro
Maricelia Lopes dos Anjos
Ossalin de Almeida
Rômulo Augusto Feio Farias
DOI: 10.35587/brj.ed.0001269

CAPÍTULO 07 106
TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE DE ZIRCÔNIA PARA CIMENTAÇÃO: UMA REVISÃO DA LITERATURA
Jéssyca Maria França de Oliveira Melo
Bruna de Carvalho Farias Vajgel
Cátia Maria Fonseca Guerra
Ellen Cristine de Carvalho Siqueira
Raquel Couto Galindo
DOI: 10.35587/brj.ed.0001270

CAPÍTULO 08 126
UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADAS A REDES INTELIGENTES DE AUTOCURA
Fábio Junior Alves
Natan dos Santos
Giordana Maria Rodrigues
Paulo F. Ribeiro
A. C. Zambroni de Souza
DOI: 10.35587/brj.ed.0001271

CAPÍTULO 09 147
DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS MAIS RELEVANTES DE ÁGUA DE USO DOMÉSTICO
Maria Lucia Teixeira Guerra de Mendonça
Rosana Petinatti da Cruz
Jose Marcus Godoy
Antônio José Teixeira Guerra
Maria do Carmo Oliveira Jorge
DOI: 10.35587/brj.ed.0001272

CAPÍTULO 10 163
MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA COMO FERRAMENTA NA AVALIAÇÃO DOS GRÂNULOS DE AMIDOS DE MANDIOCA
Natália Alves Barbosa
Luan Alberto Andrade
Joelma Pereira
DOI: 10.35587/brj.ed.0001273

CAPÍTULO 11 169
REFORÇO ESTRUTURAL COM A UTILIZAÇÃO DE FIBRA DE CARBONO
Edinéia Alves Benjamin
Geraldo César Lamêgo
DOI: 10.35587/brj.ed.0001274

CAPÍTULO 12 184
A MATEMÁTICA E O MUNDO TÊXTIL: ENTRE CÁCULOS, MOLDES E TECIDOS
Juliane Maira Bento
Daniela Viebrantz Mardula
Cláudio Olívio Piotto
DOI: 10.35587/brj.ed.0001275

CAPÍTULO 13 195
A APLICABILIDADE DA LOGÍSTICA REVERSA NO PROCESSO DE DESFAZIMENTO DE BENS PÚBLICOS DE INFORMÁTICA: UM ESTUDO DE CASO NO IFAM/CMDI
Yanna Santos de Medeiros
Sil Franciley dos Santos Quaresma
DOI: 10.35587/brj.ed.0001276

CAPÍTULO 14 213
TÉCNICA DE LIPOENXERTIA COM MATERIAL DE BOLA DE BICHAT: RELATO DE CASO
Tatiana Carneiro de Resende
Maria Tereza Scardua
Ricardo Vieira Camargo
João Carlos Tolentino Barbosa
Denize Peruzzo Rovaris
Valeria Dal Coll
Karina Cuzzuol Alvez
Lucas Pereira Alves
DOI: 10.35587/brj.ed.0001277

CAPÍTULO 15 227
ACÚMULO MENSAL DE FORRAGEM EM PASTAGEM DE TIFTON 85 NO OESTE CATARINENSE
Antonio Waldimir Leopoldino da Silva
Larissa Lopes Paz
Amanda Regina Cagliari
Hector Perão Bortese
Natan Juner Begnini
Halan Martins
Rodrigo Guilherme Backes
DOI: 10.35587/brj.ed.0001278

CAPÍTULO 16 245
THE POLYMORPHISM R441Q OF THE CHICKEN WWP1 UBIQUITIN PROTEIN LIGASE AFFECTS ITS FUNCTIONAL AND STRUCTURAL PROPRIETIES: POSSIBLE IMPLICATIONS TO GENETIC MUSCULAR DYSTROPHY
Jane Eyre Gabriel
DOI: 10.35587/brj.ed.0001279

CAPÍTULO 17 255
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E ACEITABILIDADE DE SORVETES DESENVOLVIDOS A PARTIR DE DIFERENTES LEITES FERMENTADOS POR

KEFIR, JABUTICABA (MYRCIARIA CAULIFLORA (MART.) O. BERG) E MEL DE ABELHA SILVESTRE
Jerônimo Vidal Ferreira
Gabriela da Silva Schirmann
Mônica Lourdes Palomino de los Santos
Ana Carolina Zago
Vera Maria de Souza Bortolini
Reni Rockenbach
Guilherme Cassão Marques Bragança
DOI: 10.35587/brj.ed.0001280

CAPÍTULO 18 274
O USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA PRODUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA,
UMA REVISÃO
João Victor Almeida Soares
Loureando Rocha Moreira
Luan Martins Melo Rodrigues
Rafaela Luiza Silva Batista
Thais Camila Teixeira Novais
Thais Rodrigues Dantas
Bruno Christiano Silva Ferreira
DOI: 10.35587/brj.ed.0001281

CAPÍTULO 19 289
MELHORES PRÁTICAS W3C APLICADAS AO MODELO DE CICLO DE VIDA DE DADOS ABERTOS CONECTADOS
Luiz Eduardo Chicouski da Cruz
Josiane Michalak Hauagge Dall'Agnol
Lucélia de Souza
Gisane Aparecida Michelon
DOI: 10.35587/brj.ed.0001282

SOBRE O ORGANIZADOR.....307

CAPÍTULO 01

SOFTWARE DE ANÁLISE DE ANOTAÇÃO GENÔMICA – GANAS: UMA FERRAMENTA PARA ANÁLISE DE ANOTAÇÕES GENÔMICAS

Pablo Alessandro Barbosa Viana
Mestrando em Biotecnologia em Saúde e Medicina InvestigativaInstituto Gonçalo Muniz Fiocruz
Endereço: Rua Waldemar Falcão, 121, Candeal – Salvador - BA, 40296-710
E-mail: pablo.alessandro@gmail.com

Elen Bethleen de Souza Carvalho
Doutorado em Biotecnologia Universidade Federal do Amazonas
Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus/AM, 69067-005
E-mail: elenbeth@yahoo.com.br

Whendel Mesquita do Nascimento
Doutorando em Biotecnologia Universidade Federal do Amazonas
Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus/AM, 69067-005
E-mail: whendelmesquita@ufam.edu.br

Roberto Alexandre Alves Barbosa Filho
Doutorando em Biotecnologia Universidade Federal do Amazonas
Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus/AM, 69067-005
E-mail: robertoaabfilho@gmail.com

David Silva de Oliveira
Mestrando em Biotecnologia Universidade Federal do Amazonas
Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus/AM, 69067-005
E-mail: robertoaabfilho@gmail.com

Enedina Nogueira Assunção
Doutorado em Biotecnologia Universidade Federal do Amazonas
Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200, Coroado I, Manaus/AM, 69067-005
E-mail: dinanog@yahoo.com.br

Spartaco Astolfi Filho
Doutorando em Biotecnologia Universidade Federal do Amazonas
Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus/AM, 69067-005
E-mail: spartaco.biotec@gmail.com

RESUMO: O desenvolvimento do sequenciamento de nova geração, impulsionou expressivamente a capacidade de geração de dados genômicos, aumentando assim a demanda por ferramentas automatizadas de análises genômicas. Após o

sequenciamento e a montagem do genoma é realizada a anotação genômica, processo que permite a extração de dados relevantes das sequências geradas, destacando a identificação dos genes codificadores de proteínas. Com o objetivo inicial de facilitar a expansão da análise *off-line* dos genes de resistência a metais pesados da espécie *Enterobacter cloacae amazonensis* foi desenvolvido o programa Genomic Annotation Analysis Software - GANAS, que detalha visualmente os genes e subsistemas metabólicos anotados com a utilização da plataforma RAST. Os genes anotados foram analisados pelo software comparando os resultados em diversos organismos com conhecida capacidade de resistência a metais pesados. Foi verificado que esta cepa possui mais genes de resistência que os principais padrões encontrados na literatura, assim, evidenciando a eficiência da utilização do GANAS.

PALAVRAS-CHAVE: Bioinformática; Genoma; Bactéria.

ABSTRACT: The development of new generation sequencing has significantly boosted the capacity to generate genomic data, thus increasing the demand to automated genomic analysis tools. After genome sequencing and assembly, genomic annotation is performed, a process that allows the extraction of relevant data from generated sequences, highlighting the identification of protein coding genes. In orderto facilitate the expansion of offline analysis of genes for resistance to heavy metals of the species Enterobacter cloacae amazonensis, the software Genomic Annotation Analysis Software - GANAS was developed, which visually details the genes and metabolic subsystems annotated using the platform RAST. The annotated genes were analyzed by software comparing the results in several organisms with known resistance to heavy metals. It was found that strain has more resistance genes than the mainpatterns found in the literature, thus showing the efficiency of using GANAS.

KEYWORDS: Bioinformatics; Genome; Bacteria.

1. INTRODUÇÃO

O advento das tecnologias de sequenciamento de DNA em conjunto com a bioinformática modificou radicalmente o cenário biológico científico, ajudando a caracterizar os mais diversos organismos. Atualmente, a Biologia Molecular e a Bioinformática possuem uma íntima relação, tornando difícil o desenvolvimento de estudos sem o conhecimento em ambas as áreas (GAUTHIER *et al.,* 2018, SANTANA, *et al.,* 2020).

Desde o início do século XXI, o desenvolvimento de novas tecnologias de sequenciamento de DNA, mais rápidas, baratas e precisas, impulsionou expressivamente o aumento da capacidade de geração de dados genômicos. Porém, mesmo o sequenciamento do genoma de organismos simples como das bactérias, o volume de dados gerados é de alguns milhões de nucleotídeos, o que dificulta ou impossibilita seu tratamento manual, exigindo assim a utilização de ferramentas automatizadas (LOPES, 2015 e GAUTHIER *et al.,* 2018).

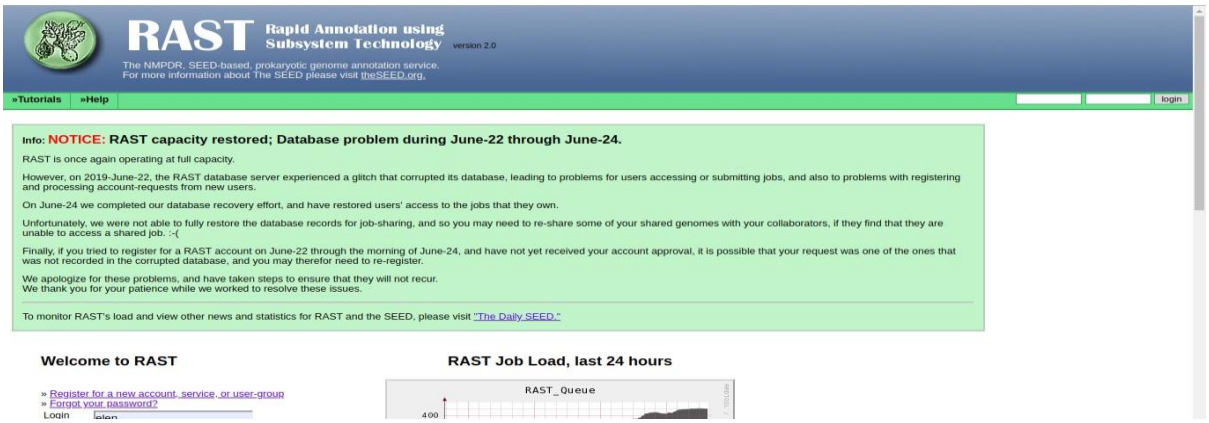
Após a realização do sequenciamento, que comumente gera dados fragmentados, é realizada então a montagem do genoma, que por sua vez ordena esses diversos fragmentos em uma longa sequência de nucleotídeos. Para que seja possível extrair informações biológicas relevantes desta sequencia gerada, é realizado um processo chamado de anotação genômica. Este processo irá inferir estruturas e funções de elementos do DNA, identificando os genes codificadores de proteínas, RNA's não codificantes, regiões regulatórias, sequências repetitivas, entre outras estruturas (DEL ANGEL *et al.*, 2018).

Apesar da anotação genômica envolver a caracterização de diversos elementos, maior atenção é direcionada à identificação dos genes codificadores de proteínas, em função principalmente das análises mais especializadas necessárias para caracterizá-los. Segundo o *National Center for Biotechnology Information* (2019), uma das ferramentas mais utilizadas no processo de anotação de genomas de organismos procariotos (bactérias e arqueas) é chamado de RAST (2019), *Rapid Annotation Subsystem Technology*. O RAST é um servidor de anotação online, gratuito e automatizado para genomas completos ou incompletos, de arqueas e bactérias.

O RAST (Figura 1) foi inicialmente idealizado para o uso interno do *National Microbial Pathogen Data Resource* (NMPDR), mas rapidamente tornou-se globalmente utilizado. Neste servidor o usuário envia um arquivo em formato FASTA

com um conjunto de *contigs* (longas sequências de DNA determinadas através do processo de sequenciamento) do genoma alvo e recebe acesso ao genoma anotado em um ambiente para análise e comparação com outras centenas de genomas preexistentes. (AZIZ *et al.*, 2008).

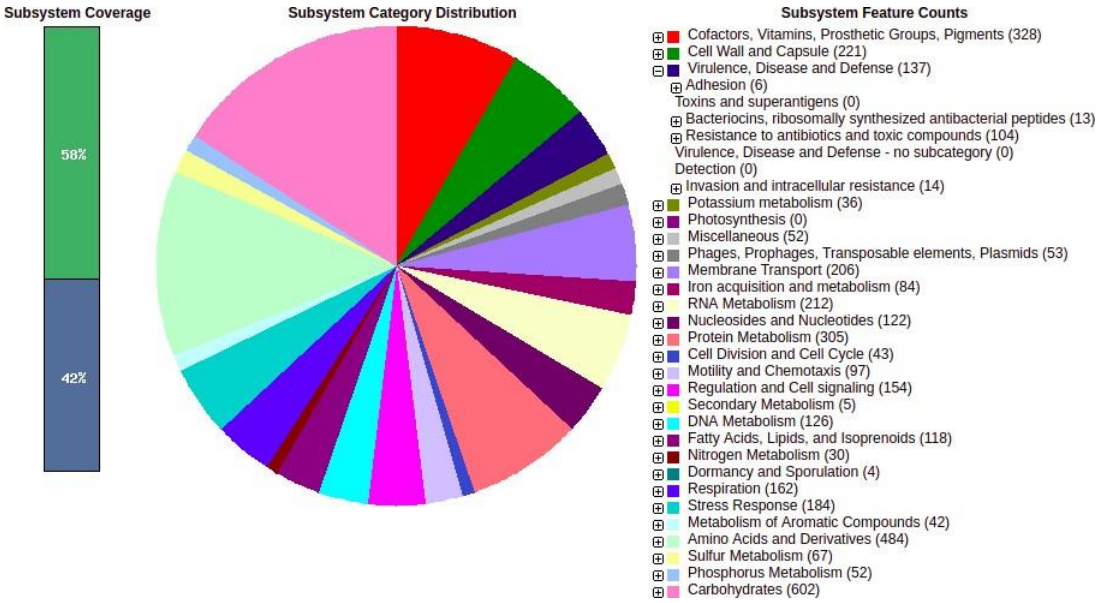
Figura 1 – Plataforma RAST. (RAST, 2019).



Fonte: Os Autores.

Após determinar a função dos genes anotados, a plataforma RAST realiza uma reconstrução metabólica inicial, combinando genes do genoma adicionado pelo usuário a papéis funcionais de subsistemas predefinidos. Estes subsistemas estão agrupados em categorias refletindo os diversos módulos da maquinaria celular. Apesar de geralmente não ser possível estimar completamente os subsistemas de todos os genes, o conteúdo genômico que é conectado aos subsistemas provê uma detalhada estrutura para análise biológica, conforme evidenciado na Figura 2 (AZIZ *et al.*, 2008 e OVERBEEK *et al.*, 2013).

Figura 2 – RAST: Genes conectados a subsistemas e sua distribuição em diferentes categorias. (RAST, 2019)



Fonte: Os Autores.

Apesar da plataforma RAST prover ferramentas próprias para análise e comparação de genomas, comumente análises mais específicas requerem a utilização de ferramentas externas que podem ser encontradas também disponíveis publicamente pela comunidade científica e divulgada em artigos da área, ou que podem ser desenvolvidas pelo próprio pesquisador. Neste contexto destaca-se atualmente o uso da linguagem de programação Python, para o desenvolvimento de software para Bioinformática. Por ser uma linguagem interpretativa de alto nível, ou seja, de fácil leitura e entendimento, o Python é uma linguagem poderosa e fácil de aprender, que segue um design que realça a legibilidade do código sobre a velocidade de execução, combinando uma sintaxe clara e concisa com os recursos poderosos de sua biblioteca padrão, por módulos e *frameworks* desenvolvidos por terceiros (*Python Software Foundation*, 2019).

A linguagem Python permite que se criem programas de acordo com vários paradigmas de programação, incluindo programação orientada a objetos, imperativa e funcional. Tornando ideal para escrever *scripts* (pequenos conjuntos de códigos em arquivos isolados) e para desenvolver rapidamente novas aplicações. (*Python Software Foundation*, 2019)

Buscando garantir a reprodutibilidade dos processos utilizados em Bioinformática, diversas medidas costumam ser utilizadas como padrão para

desenvolvimento de métodos *in silico* buscando os princípios FAIR, *Findable, Accessible, Interoperable and Re-usable*, ou seja, encontrável, acessível, interoperável e reutilizável (WILKINSON, 2016). Entre estas medidas, está a utilização da plataforma Linux, garantindo mais estabilidade aos sistemas.

Além da comumente utilização da plataforma Linux para softwares de bioinformática, a utilização de métodos de conteinerização, que provem uma maneira de distribuir uniformemente os programas criados, a disponibilização dos projetos de desenvolvimento em repositórios abertos online como o github (*GitHub Inc*, 2019) e a utilização de ferramentas validadas pela comunidade como o RAST ou NCBI são estratégias que devem ser consideradas, para o desenvolvimento de novos softwares de bioinformática (DEL ANGEL *et al*., 2018).

Posto isso, o objetivo deste estudo foi desenvolver um programa em Python para analisar de modo *off-line* resultados das anotações genômicas obtidas através do servidor RAST, inicialmente para análise comparativa mais apurada das proteínas envolvidas no processo de biorremediação de metais pesados da bactéria *Enterobacter cloacae amazonensis* (ASTOLFI, 2018).

2. MATERIAL E MÉTODOS

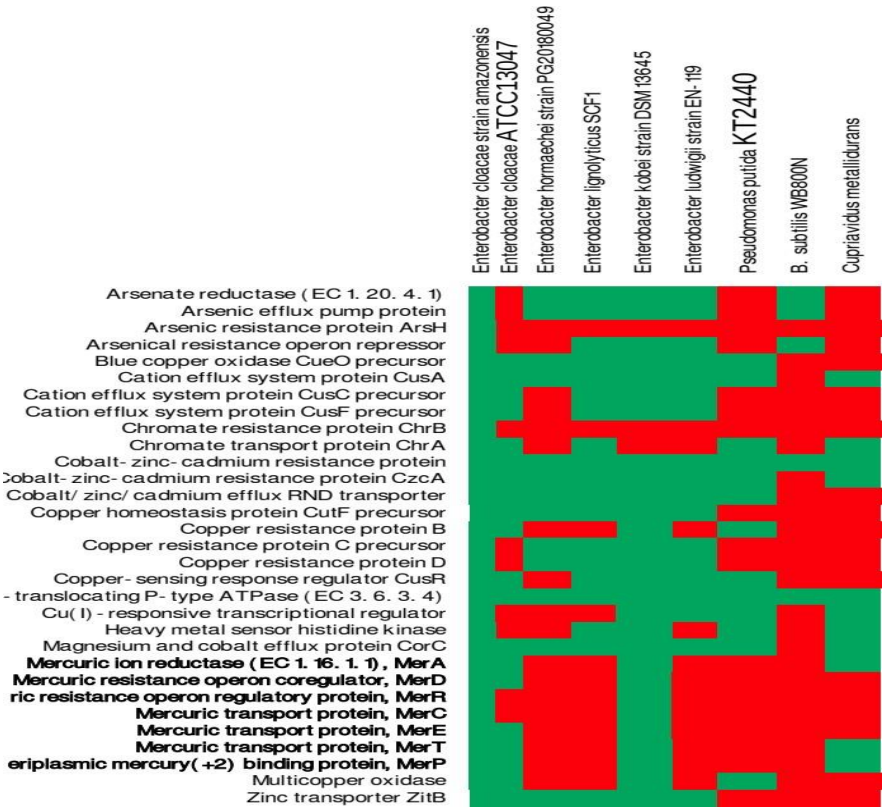
O programa foi desenvolvido em Python, utilizando as bibliotecas csv (para ler arquivos .gffe .tsv), re (para trabalhar com expressões regulares) e PyQt5 (para criar uma interface gráfica com janelas como um programa de computador comum, facilitando a sua utilização). (*Python Software Foundation*, 2019 e *The Qt Company*, 2019).

Para a validação do GANAs, a partir de dados parciais do genoma da *Enterobacter cloacae* amazonensis (ASTOLFI, 2018) e dos genomas de *Enterobacter hormaechei* strain PG20180049, *Enterobacter lignolyticus* SCF1, *Enterobacter kobei* strain DSM 13645. *Enterobacter ludwigii* strain EN-119, *Pseudomonas putida* KT2440, *B. subtilis* WB800N, *Cupriavidus metallidurans*, e do genoma de referência de *Enterobacter cloacae* ATCC 13047 (NC_014121.1), foram submetidos *contigs* na plataforma RAST realizada a anotação dos genes encontrados, para a validação do GANAS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo foi desenvolvido um programa capaz de carregar arquivos tanto arquivos.gff quanto.tsv concatenando suas informações de modo a estender as informações que podem ser utilizadas pelo usuário. Apesar do RAST prover informação de subsistemas e categorias de cada gene determinado, conforme a Figura 2, os dados só podem ser exportados separadamente, a informação dos genes e suas respectivas proteínas (formato.gff) e as categorias e subsistemas de cada gene (formato.tsv). O que torna laborioso o trabalho de filtrar mais apuradamente os genes que serão analisados, como separar informações dos genes de todas as proteínas de um determinado subsistema. Observando a tabela presente na Figura 3, verifica-se a grande quantidade de genes de resistência a metais pesados encontrados na *Enterobacter cloacae* amazonensis.

Figura 3 – Tabela listando todos os genes de resistência a metais pesados. encontrados nos organismos de estudo, onde a célula marcada em verde representa a existência deste gene neste organismo e as células em vermelho representam a ausência do gene. Os números ao final da tabela representam o somatório de quantos dos genes listados este organismo possui.

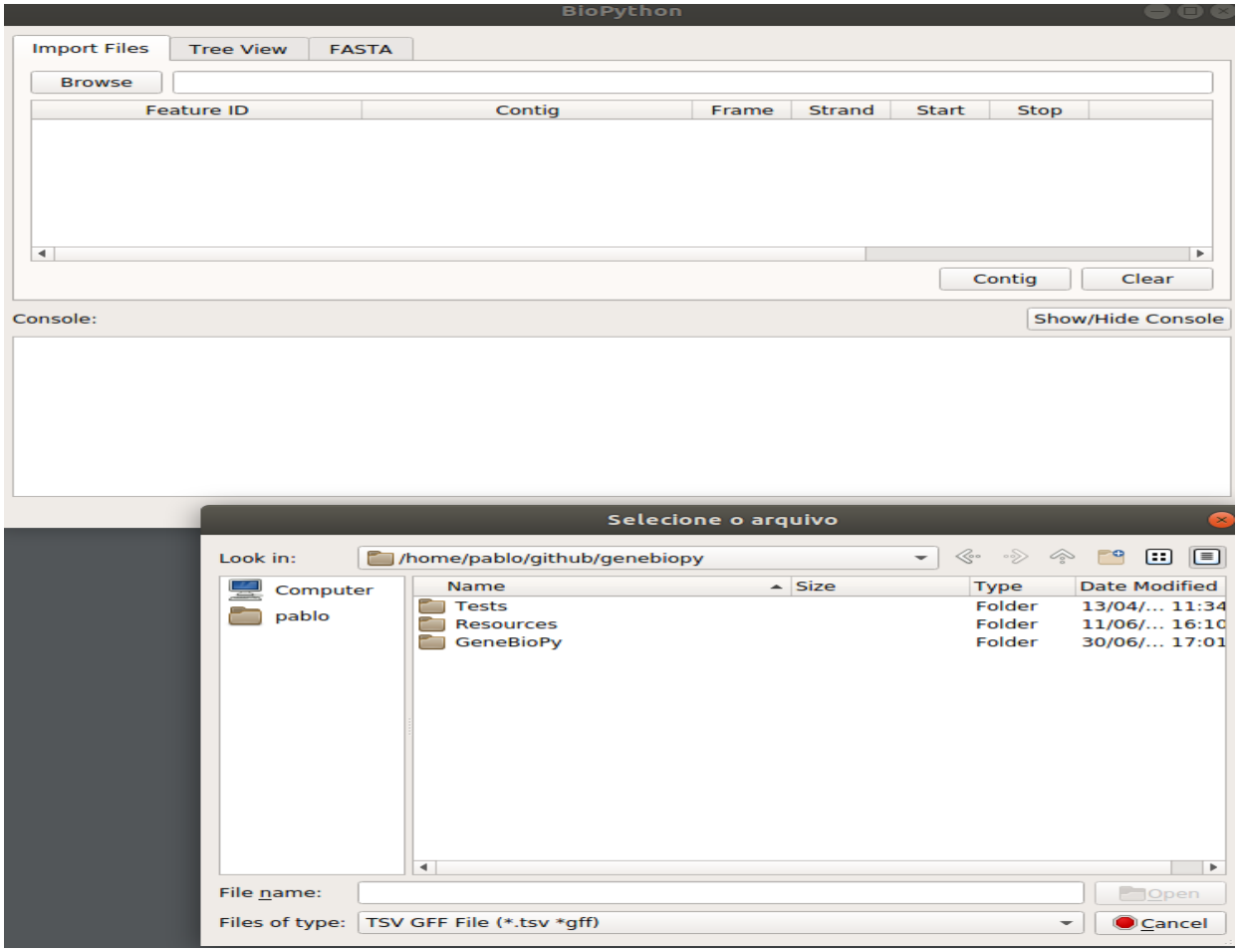


Fonte: Os Autores.

A partir da análise da tabela é possível verificar que esta espécie possui mais genes de resistência aos mais variados tipos de metais pesados, de arsênio, cádmio e zinco, à mercúrio, cobre e cobalto. Esta identificação tornou-se mais fácil com a utilização da ferramenta desenvolvida, que também podeser usada para explorar os outros atributos da anotação genômica, como a posição inicial e final dos genes, e utilizar esta informação para obter a sequência de DNA, combinando com o uso de outras ferramentas, como o BLAST (Basic Local Alignment Search Tool), para obter ainda mais informaçõese realizar análises mais apuradas dos genes encontrados e do potencial deste organismo.

O programa desenvolvido encontra-se disponível publicamente no site https://github.com/biotecufam/genebiopy. Para executá-lo é necessário ter a plataforma Python 3.7 devidamente instalada no computador conjuntamente com o framework PyQt5.

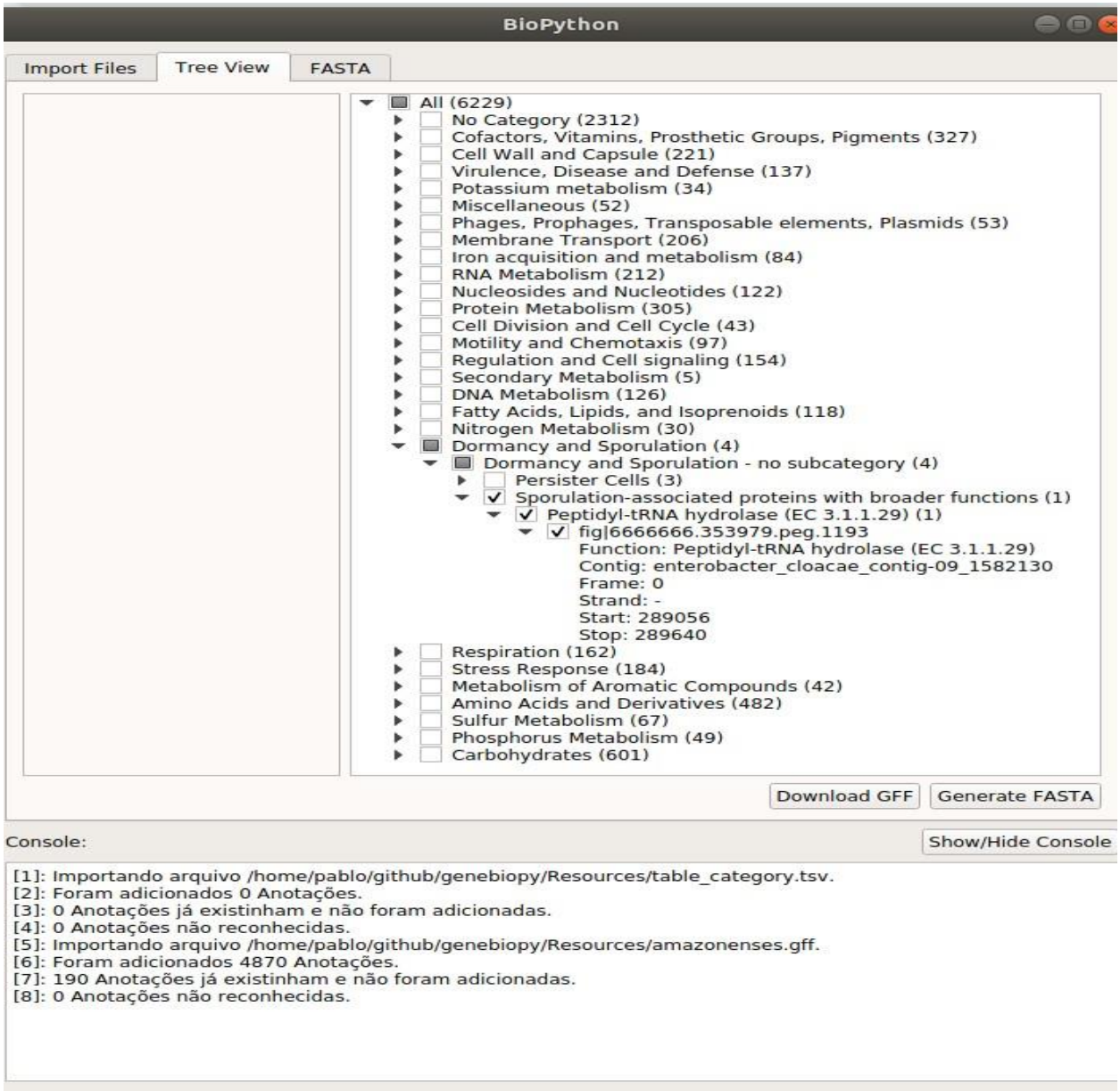
Figura 4 – Aba de importação onde o usuário deve selecionar os arquivos.gff de anotação e .tsv



Fonte: Os Autores.

Ao iniciar o programa o usuário é apresentado à tela de importação de arquivos conforme Figura 4, onde é possível carregar arquivos .gff ou .tsv, gerando uma estrutura de árvore similar à encontrada no RAST (Figura 2), com cada categoria, subsistemas e funções, porém agora acrescida de informações do gene específico e com uma caixa de seleção possibilitando ao usuário filtrar o que achar necessário, conforme figura 5.

Figura 5 – Aba da árvore de seleção dos genes, categorias e subsistemas



Fonte: Os Autores.

Após a seleção é permitido ao usuário fazer a exportação dos genes selecionados no formato .gff, para que estes possam ser carregados em outro

programa ou utilizados para realizar alguma análise.

4. CONCLUSÃO

Concluímos que a utilização do software Genomic Annotation Analysis Software – GANAS, torna menos laborioso o trabalho de filtrar mais apuradamente os genes que serão analisados, assim como separar informações dos genes de todas as proteínas de um determinado subsistema, facilitandoa análise de dados complexos.

REFERÊNCIAS

del ANGEL, V. D.; *et al.* Ten steps to get started in Genome Assembly and Annotation. F1000 Reserach 2018, 7(ELIXIR):148. 2018. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5850084.1/.

ASTOLFI, M. C. T.; CARVALHO, E. B. de S.; de BARROS, A. M.; PINTO, M. V.; de LACERDA, L. B.; NOGUEIRA, V. B.; LOPES, E. F.; ASTOLFI-FILHO, S. Draft Genome Sequence of the NovelEnterobacter cloacae Strain amazonensis, a Highly Heavy Metal-Resistant Bacterium from a Contaminated Stream in Amazonas, Brazil. Genome Announcements, 2018, Vol. 6, Issue 22. AmericanSociety for Microbiology. 2018. https://mra.asm.org/content/6/22/e00450-18.short.

AZIZ, R. K.; *et al*. The RAST Server: Rapid Annotation Subsystems Technology. BMC Genomics 2008, 9:75. BioMed Central. 2008. https://bmcgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471- 2164-9-75?report=reader.

GAUTHIER, J.; VINCENT, A. T.; CHARETTE, S. J.; DEROME, N. A brief history of bioinformatics.Briefings in Bioinformatics, 2018, 1-16. Oxford Press. 2018. https://academic.oup.com/bib/article/20/6/1981/5066445.

GITHUB INC. GitHub. Disponivel em: https://www.github.com. Acessado em: 26 de junho de 2019.LOPES, R. B. M. Montagem e análise do genoma parcial de Bacillus thuringiensis BAC3151endofítico das folhas do feijoeiro comum (Phaseolus vulgaris). Dissertação de Mestrado - UniversidadeFederal de Viçosa. 2015. https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6497/texto%20completo.pdf?sequence=1

NCBI. National Center for Biotechnology Information. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov.Acessado em: 26 de junho de 2019.

OVERBEEK, R.; *et al.* The SEED and the Rapid Annotation of microbial genomes using SubsystemsTechnology (RAST). Nucleic Acids Research, 2014, Vol. 42, Database issue. Oxford Press. 2013. https://academic.oup.com/nar/article/42/D1/D206/1062536

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. Python programming language. Disponível em: https://www.python.org. Acessado em: 26 de junho de 2019.

THE QT COMPANY. Qt. Disponivel em: https://www.qt.io. Acessado em: 26 de junho de 2019. RAST. Rapid Annotation using Subsystem Technology. Disponível em: https://rast.theseed.org.Acessado em: 26 de junho de 2019.

SANTANA, R.S.; COSTA, E.A; MELO, S.C.O; PUNGARTNIK, C. Characterization of the enzyme Oxidase Alternative of the fungus Moniliophthora perniciosa with the aid of bioinformatics tools. Braz.J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 10, p. 81420-81430, oct. 2020.

WILKINSON, M. D.; DUMONTIER, M.; AALBERSBERG, I. J.; *et al.* The FAIR Guiding

Principles for scientific data management and stewardship. Scientific Data, 3:160018. 2016. https://www.nature.com/articles/sdata201618%22

CAPÍTULO 02

ESTUDO DA PRESSÃO PRODUZIDA POR TAMBORES DE 200 LITROS PARA REALIZAR SUCÇÃO DA ÁGUA EM FUNÇÃO DOS PARÂMETROS DE ALTURA E DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

Lisarb Padilha Pinheiro
Acadêmico do curso de Engenharia Civil Centro Universitário Estácio da Amazônia
E-mail: sgt_lisarb@hotmail.com

Emerson Lopes de Amorim
Professor Orientador MSc. em Física Centro Universitário Estácio da Amazônia
E-mail: emersonufrr@gmail.com

Francilene Cardoso Alves Fortes
Professora coorientadora Dra. Agronomia Irrigação e drenagemUnesp/SP
E-mail: lene_fortes@yahoo.com.br

RESUMO: Este trabalho tem a finalidade d e estudar a pressão produzida por tambores de 200 litros, para realizar sucção da água de um açude, considerando altura e diâmetro da tubulação. O equipamento é uma alternativa de bombeamento sustentável, em vista da utilização de bombas industriais que demandam o uso de energia elétrica ou combustíveis fósseis. Dos experimentos realizados, o IV demonstrou melhores resultados, considerando altura de 4,05m e tubulação de 50mm. Com esses parâmetros, o fluxo de escoamento de sucção e recalque foram considerados estáveis baseados no número de Reynolds, obtendo-se vazão de 0,96 L/s e pressão interna de -32kpa no tambor. Com essa pressão foi possível realizar a sucção de água de um tanque para outro a uma distância de 15m. O sistema se apresenta como alternativa de abastecimento de água para locais com plantações e/ou criação de animais desprovidos de sitema elétrico, além de ser ecologicamente correto.

PALAVRAS-CHAVE: Bombeamento d'água; Sistema; Irrigação; Sustentável.

ABSTRACT: This work has the purpose of studying the pressure produced by 200 liter drums, to suck water from aweir, considering the height and diameter of the pipe. The equipment is a sustainable pumping alternative, in view of the use of industrial pumps that demand the use of electric energy or fossil fuels. Of the experiments carried out, the IV showed better results, considering a height of 4.05m and 50mm tubing. With these parameters, the suction and discharge flow were considered stable based on the Reynolds number, obtaining a flow rate of 0.96 L / s and an internal pressure of -32kpa in the drum. With this pressure it was possible to suck water from one tank to another at a distance of 15m. The system presents itself as an alternative water supply for places with plantations and / or livestock that lack an electrical system, in addition to being environmentally friendly.

KEYWORDS: Water pumping; System; Irrigation; Sustainable.

1. INTRODUÇÃO

Mediante as transformações globais, regionais e locais ocorridas pelo uso excessivo da água e a necessidade de economia energética, surge a possibilidade de comprometer a sua disponibilidade para as gerações futuras. Esta preocupação acordado com Marroquin (2012) fortalece este estudo, vistoque a disponibilidade e o abastecimento de água são fatores determinantes, em particular do fornecimento de água para populações rurais, a energia renovável de geração autônoma, desempenha um papel importante, e tem contribuído para o desenvolvimento social de muitas regiões isoladas em várias partes do mundo.

Segundo autor acima, diversas pesquisas arqueológicas apontam projetos de captação e condução de água dos rios e lagos para as cidades, e principalmente, para a irrigação em áreas de cultivo a milhares de anos. Assim viu-se a necessidade de buscar alternativas econômicas de bombeamento da água para reservatórios superiores facilitando o uso de fontes alternativas de água incentivando a economia dos recursos hídricos com o mínimo de consumo elétrico.

Diante disso, pensou-se em aperfeiçoar o dimensionamento do sistema de bombeamento proposto por Oh (2019), o qual têm sido objeto desse estudo. Pois mesmo apresentando algumas limitações, esse tipo de bomba pode funcionar como uma bomba de nível ou volumétrica, ou seja, realiza o processo de sucção de um nível mais alto para um nível mais baixo, mas não realiza o processode elevatória.

Mediante a revisão bibliográfica foi observado que o autor Mado (2007) desenvolveu pesquisas relacionadas ao dimensionamento do tamanho do galão com objetivo de descobrir o tamanho ideal da produção de vácuo no galão, mas descobriu que o tamanho do galão não influenciava na quantidade devácuo dentro do galão. Sendo assim os autores relatam a necessidade de estudar a variação de altura do galão em relação ao solo com objetivo de analisar se há influência no vácuo gerado pelo galão.

Assim este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) teve como objetivo estudar a pressão produzida por tambores de 200 litros capaz de realizar sucção da água de um açude em função dos parâmetros de altura e diâmetro da tubulação. Enquanto objetivos específicos, montar o sistema de bombeamento usando um tambor de 200 litros; encontrar a pressão ideal gerada no interior do tambor variando os parâmetros altura do galão em relação a lâmina d'água do açude, e do diâmetro da tubulação de

sucção e recalque; demonstrar a implantação de um sistema de ordem sustentável e econômico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho está alicerçado ao desenvolvimento sustentável que é uma vertente global de suma importância que, no uso da engenharia não pode ser ignorado. É indispensável que os engenheiros tenham a responsabilidade com o meio ambiente independente da função que exerçam, além de aplicarem projetos sob suas supervisões.

2.1 Métodos alternativos para bombemaneto d'água

Oliveira (2011) apresenta um estudo sobre a oficina Malienne Pump, em que o próprio agricultor produz sua bomba d' água manual de pistão para irrigação em pequena escala e a usa em suas residências para o pequeno cultivo das suas próprias lavouras. As associações se uniram e criaram tecnologia direcionada para fabricação de tipos de bomba que se ajustasse a condição local e se adequasse ao uso do pequeno agricultor com toda matéria prima disponibilizada (tubos de PVC, barrasde aço de construção, madeira, couro e pneu de bicicleta) para fabricação do equipamento.

Diante disso, quando se necessita elevar água a um local acima da sua fonte, usam-se as já bem conhecidas bombas d'água ou sistemas elevadores. Atualmente existe uma gama diversificada de bombas, das mais simples as mais sofisticadas, e para um melhor funcionamento deste estudo, alguns cálculos devem ser pontuados.

2.2 Parâmetros hidráulicos

Vazão

A vazão experimental é calculada usando a razão entre o volume experimental obtido na saída ou entrada da seção que está sendo usada como referência e o tempo que leva para encher um recipiente com esse volume. Segundo Brunetti (2008, p. 72) "vazão é o volume de fluido que atravessa a seção de área A no intervalo de tempo

t”.

$$Q = \frac{Volume}{tempo} \qquad (I)$$

Também é possível obter a vazão calculada da seguinte forma,

$$Q = A \times V \qquad (II)$$

A é área da seção circular do tubo, V é a velocidade do líquido na saída da seção circular que está sendo usada para calcular a vazão. A unidade de medida no Sistema internacional de unidades emo m^3/s.

Número de Reynolds

O número de Reynolds é usado para classificar o escoamento de um fluído em laminar ou turbulento. Segundo Dardot (2012. p 13) o escoamento em regime laminar ocorre para números de Reynolds com valores inferiores a 2000. Já Brunetti (2008, p. 69) diz que o escoamento turbulento ocorre para valores de número maiores que 2400.

O número de Reynolds pode ser calculado pela seguinte equação III e IV:

$$R_e = \rho \frac{VD}{\mu} \qquad (III)$$

$$R_e = \frac{VD}{\nu} \qquad (IV)$$

Onde:

V = velocidade do fluido (m/s); D = diâmetro da tubo (m); μ = viscosidade ($N.s/m^2$); ρ = densidade do fluído (kg/m^3); v = viscosidade cinemática (m^2/s).

Perda de carga

Durante o processo de escoamento de um líquido existe o atrito entre as suas moléculas ou camadas e o atrito com a superfície que ele está realizando o seu escoamento. Segundo Baptista (2010)

> durante o processo de escoamento parte da energia cinética e energia potencial são dissipadas em forma de energia em trânsito. Essa energia dissipada não retorna a forma de energia cinética e potencial. Então ela recebe uma denominação de perda de carga. Assim, existe a perda de carga contínua que é calculada ao longo da tubulação e a perda de carga localizada que existe devido as conexões e aparelhos. (BAPTISTA, 2010, p. 67)

A perda de carga contínua ou distribuída pode ser calculada usando a equação V:

$$\Delta h' = \frac{f}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \cdot L \qquad \textbf{(V)}$$

Na equação V, tem-se que "**f** " é o fator de atrito; "**D**" é o diâmetro da tubulação; "V" é a velocidade de escoamento; "L" é comprimento da tubulação e "g" aceleração da gravidade.

A perda de carga localizada pode ser calculada usando a equação VI:

$$\Delta h'' = K \cdot \frac{V^2}{2g} \qquad \text{(VI)}$$

Na equação VI, tem-se que "K " é o coeficiente que depende da geometria da singularidade e do número de Reynolds, de acordo com a geometria do material existe tabelas nos livros de hidráulica com os valores de K; "V" é a velocidade de uma seção tomada como referência; "L" é comprimento da tubulação e "g" aceleração da gravidade.

Equação de Energia para o sistema de bombeamento volumétrico sustentável

A equação de Bernoulli foi criada seguindo o princípio de conservação de enegia. Segundo Halliday, Resnick, Walker (2016, p. 188) em um sistema isolado

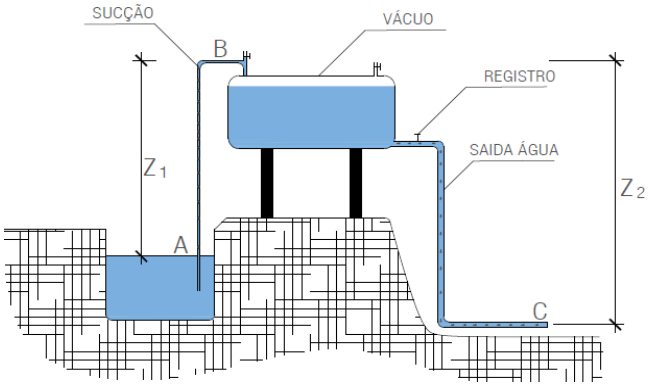
onde apenas forças conservativas causam variações de energia , a energia cinética e a energia potencial podem variar, mas a sua soma, a energia mecânica, não pode variar.

Nesse sentido Brunetti (2008) afirma que:

> a equação de energia geral vai sendo construída aos poucos e que de acordo com sua aplicação alguns termos são retirados ou colocados respeitando as considerações do problema e hipotesis. Então a equação de Bernoulli vai sofrendo alterações de acordo com sua aplicação para que possa representar com exatidão os fenomenos observados (BRUNETTI, 2008, P. 87)

Com isso a equação que é usada para trechos que tem perda de carga é uma equação de Bernoulli modificada. Diante disso Oh (2019) dimensionou a equação de energia para uma bomba volumétrica que foi denominado como bomba de nível, Figura 1

Figura 1 – bomba volumétrica



"Bomba de nível"
Fonte: Oh (2019).

Assim, o resultado do obtido por Oh (2019) para esse tipo de sistema de bombeamento usandoa equação de energia ficou da seguinte forma:

$$-P_B = \left(\frac{V_B^2}{2g} + Z_B + H_{AB}\right)\gamma \qquad \text{(VII)}$$

Sendo que:

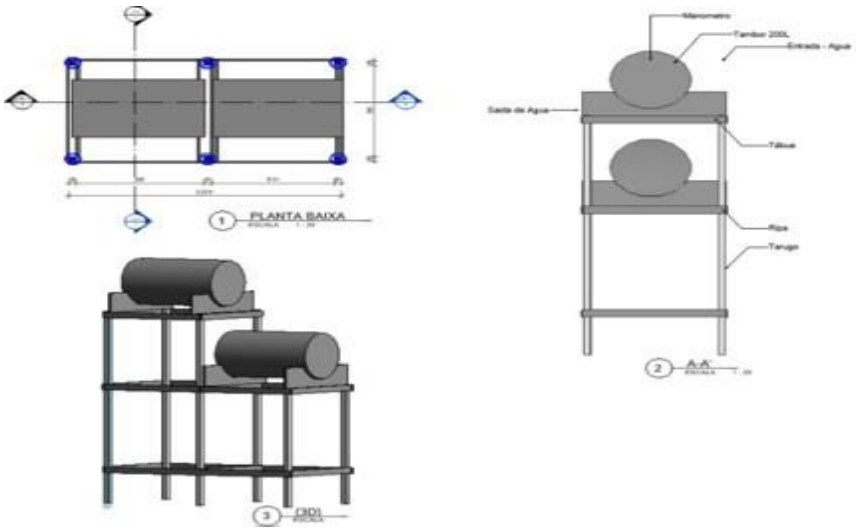
P = Pressão; γ = Peso específico; Z = Altura ou cota; V = Velocidade; G = Aceleração da gravidade; A = Área do tubo. O termo H_{AC} representa a perda de carga da tubulação de PVC entre os pontos (A) e (C).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Quanto a forma de abordagem do problema essa pesquisa pode ser classificada como quali quantitativa. Do ponto de vista de seus objetivos, é classificada como explicativa. Com relação aos procedimentos técnicos pode ser classificada como bibliográfica e experimental.

A bomba foi confeccionada em uma serralheria onde foram soldados tubos de 50mm para a entrada e saída da conecção em um tambor de 200L. E os testes foram desenvolvidos na Fazendinha do Centro Universitário Estácio da Amazônia, localizada no bairro União. Fez-se um tambor de 200L que foi posicionado sobre uma estrutura de madeira com variação de altura dependendo do teste conforme figura 2.

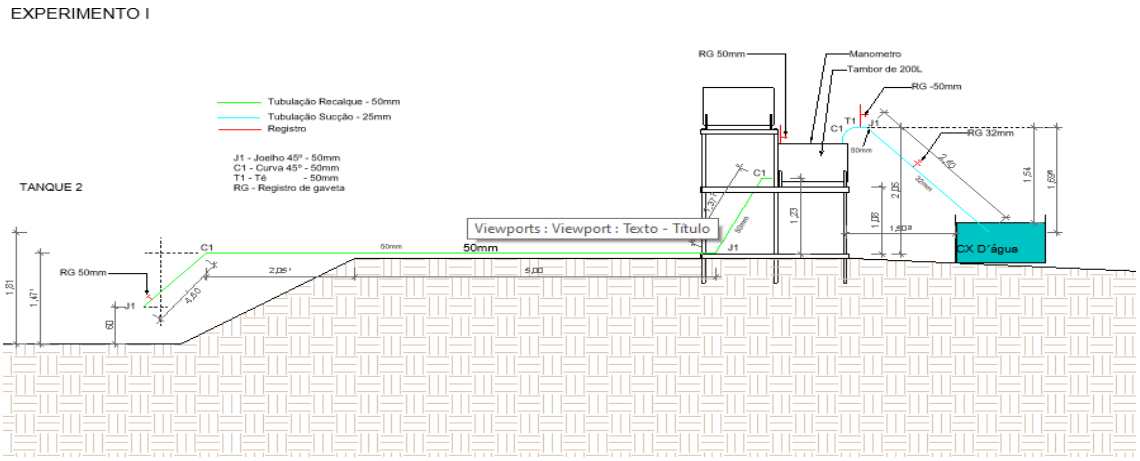
Figura 2 – Desenho esquemático do posicionamento e montagem da bomba



Fonte: Autor (2020).

O primeiro teste foi realizado sobre uma estrutura de madeira com altura de 1,05m em relação ao solo. A qual foi conectado na parte de sucção um cano de 32mm com um comprimento inclinado de 2,40m e conectado ao tambor a uma altura de 2,05m em relação ao solo. Já na parte de recalque foi conectado um cano de 50mm e posicionado a uma altura inclinado de 1,37m e com altura vertical em relação ao solo de 1,23m. A saída do cano de recalque ficou com uma altura de 60cm em relação a fundo do tanque de peixe, cujo objetivo da bomba era realizar a sucção da caixa d'água de 500L e realizar o recalque para um tanque de peixe, conforme se observa abaixo:

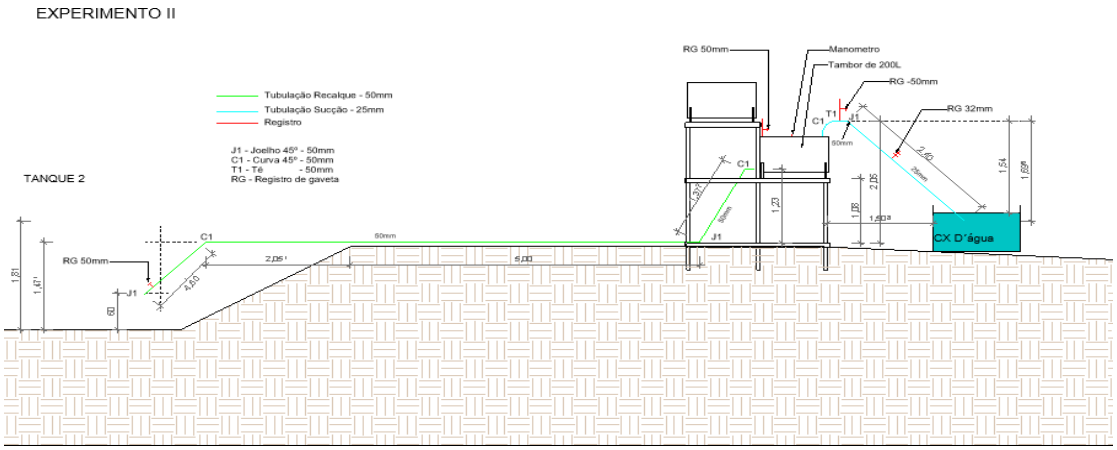
Figura 3 – Demonstração do procedimento do Experimento I, na área de estudo



Fonte: Autor (2020).

Diante disso, na Figura 4, do experimento II, foi mantido no teste 2 os mesmos parâmetros do teste 1 com alteração apenas do diâmetro do cano de sucção para 25mm.

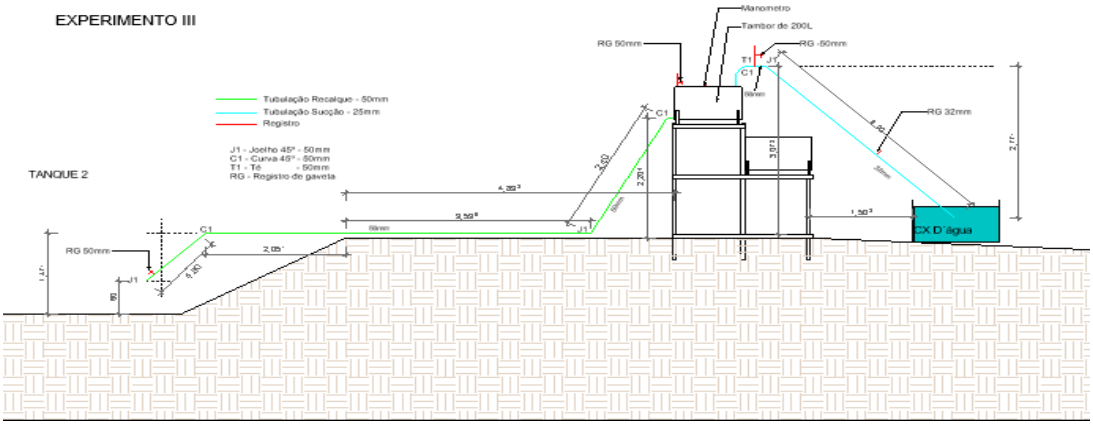
Figura 4 – Demostração do procedimento do Experimento II, na área de estudo



Fonte: Autor (2020).

Já na Figura 5, na realização do teste 3, do experimento III, altura inclinada de sucção ficou com 3,92m e altura vertical em relação ao solo de 3,07m e para a parte de recalque a altura inclinada ficou com 2,40m e altura vertical de 2,20 em relação ao solo.

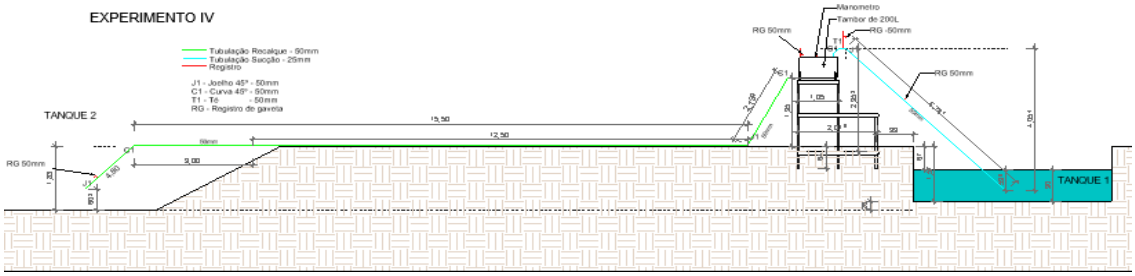
Figura 5 – Demonstração do procedimento do Experimento III, na área de estudo



Fonte: Autor (2020).

Assim na Figura 6, deu-se continuidade ao teste 4 no experimento IV, que foi realizado nas proximidades do tanque 1 reservatório de água que foi recalcada para uma distância de 15m do tanque 2 , altura inclinada de sucção ficou com 6,01 m e altura vertical de 2,95 em relação ao solo, e para a parte de recalque altura inclinada ficou com 2,19 m e altura vertical de 1,95 em relação ao solo.

Figura 6 – Demostração do procedimento do Experimento IV, na área de estudo



Fonte: Autor (2020).

Nos três experimentos um manômetro, Figura 7 (A), com escala de unidade de medida em mbar foi conectado ao tambor, com objetivo de medir a pressão interna do tambor para cada altura testada.

Figura 7 – A - Manômetro usado nos experimentos; B- Tubo de ensaio de 1000ml

Fonte: Autor (2020).

Para o cálculo da vazão foi cronometrado o tempo que a água levava para encher o tubo que foi posicionado 60cm em relação ao solo do tanque, o experimento foi realizado três (3) vezes para cada teste. Ao final, o cálculo da vazão entre a quantidade de água e a média dos tempos, obteve-se a unidade de medida litros por segundo, conforme figura 7 (B).

O funcionamento da bomba volumétrica foi realizado enchendo uma caixa d'agua de 500L para o teste de sucção e enchendo o tambor de 200L que funciona como bomba volumétrica. Após o abastecimento do sistema, a válvula de saída de recalque é aberta e o sistema entra em funcionamento. Os materiais usados para a confecção do sistema de ordem sustentável, foram materiais alternativos, simples de serem encontrados em lojas de materiais de construção e materiais hidráulicos do comércio local, sendo a maior parte desses materiais tubos e conexões. No quadro 01, a lista dos materiais utilizados, bem como o quantitativo e valores do mercado atual.

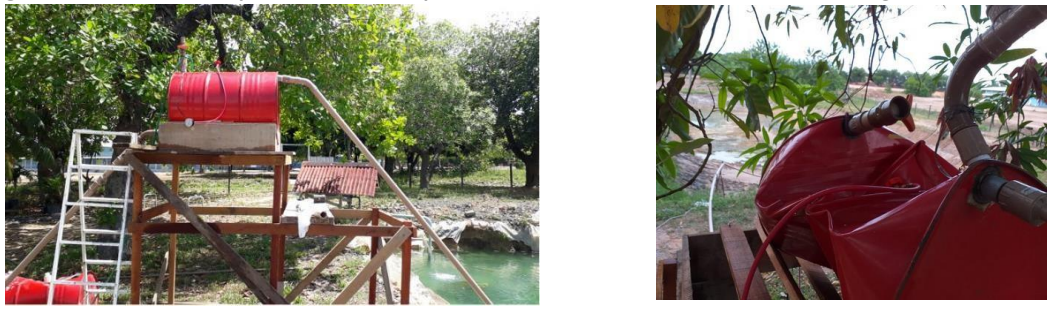
Quadro 1 - Lista de Materiais

ORD	DESCRIÇÃO	QUANT	UNID	V. UNIT.	VALOR TOTAL
1	Tubo 50mm	28,80	m	13,30	383,04
2	Tubo 32mm	1	m	8,14	8,14
3	Joelho 45º 50mm	3	und	7,00	21,00
4	Curva 45º 50mm	3	und	11,77	35,31
5	Registro gaveta 50mm	3	und	19,50	58,50
6	Registro gaveta 32mm	1	und	14,70	14,70
7	Luva roscável e soldável 50mm	3	und	12,36	37,08
8	Bucha de redução 50x32mm	1	und	8,83	8,83
9	“T” 50mm	1	und	11,18	11,18
10	Veda rosca grande	1	und	6,18	6,18
11	Lixa d’agua nº 100	1	und	2,08	2,08
12	Adesivo plástico 175g	1	und	28,24	28,24
13	Tubo Galvanizado 1” ½” com tamanho de 10cm e rosca em umadas extremidades.	3	und	10,25	30,75
14	Tambor metálico 200L	1	und	80,00	80,00
15	Serviço de solda no tambor (solda dos três tubo galvanizado no tambor)	3	und	80,00	240,00
16	Tarugo de 2,40m	4	und	14,33	57,32
17	Tarugo de 1,40m	2	und	8,36	16,72
18	Ripão de 1,10	9	und	2,57	23,13
19	Ripão de 2,10	4	unid	4,91	19,64
20	Prego 2”x11”	1	kg	18,89	18,89
VALOR TOTAL: R$ 1.100,73					

Fonte: Autor (2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 8: A – tambor próximo ao tanque **B-** tambor esmagado



Fonte: Autor (2020).

Comparando a montagem dos tambores nos experimentos 1, 2, e 4 em relação a distância horizontal da fonte que foi realizada o processo de sucção e altura vertical,

observa-se que a estrutura do tambor não sofre esmagamento pela pressão. O tambor 3 com uma altura vertical de 2,77m em relação a lâmina d'agua sofreu esmagameno conforme figura 8B. O tambor 4 ficou posicionado próximo a fonte do tanque que foi realizado a sucção conforme a figura 8A e esse posicionamento está de acordo com Neto (1998, p. 285), ao dizer que "a canalização de sucção deve ser a mais curta possível, evitando-se ao máximo peças especiais, como curvas e cotovelos".

Agora observando os diâmetros dos canos de sucção e recalque, o experimento 1, 2 e 3 apresentaram diâmetros menores na sucção e maiores no recalque, já o experimento 4 ficou com o diâmetro de sucção igual ao de recalque. Conforme tabela abaixo.

Tabela 1 - Valores experimentais dos parâmetros hidráulicos

Experimento	Diâmetro de sucção (mm)	Diâmetro de Recalque (mm)	Altura da entrada no tambor em relação ao solo (m)	Altura da entrada no tambor em relação ao tubo na água (m)	Vazão (m^3/s)	Pressão negativa no Medidor (mbar)
1	32	50	2,05	1,7	0,00084	- 260
2	25	50	2,05	1,7	0,00055	- 260
3	32	50	3,07	2,77	0,00060	- 360
4	50	50	2,95	4,05	0,00096	- 320

Fonte: Autor (2020).

Analisando o exeprimento 1 e 2 observou-se que mantendo os parâmetros constantes e alterando o diâmetro do cano de succção para 25mm no experimento II, a diferença corresponde a 34,52 % em relação a vazão do experimento I e a pressão se manteve constante com um valor de - 260mbar que equivale a - 26kpa.

Assim, continuando com análise, no experimento III foi alterada altura para 3,07m em relação ao solo e 2,77 em relação a entrada do cano de sucção na caixa d'água, o diâmetro de sucção ficou com 32mm, o recalque ficou com 50mm . Esse experimento apresentou uma diferença de 28,57 % em relação ao experimento I e a pressão para o experimento III ficou com um valor de -360mbar, o equivalente a -36kpa.

Agora analisando o experimento IV observou-se que colocando altura em 2,95m em relação ao solo e, 4,05 em relação a entrada do cano de sucção no tanque, mantendo os diâmetros de recalque e sucção em 50mm, a vazão fica com um valor

de 0,00096m³/s o equivalente a 0, 96 L/s e a pressão comum valor de -320 mbar o equivalente a -32kpa. Na tabela 2 outros valores podem ser observados.

Tabela 2 - Valores dos parâmetros hidráulicos calculados

Experimento	V(recalque)m/s	Altura(m)em relação a lâmina D'água	V (sucção)m/s	Re(sucção)	Re(recalque)	Perda de carga de sucção (m)	Perda de carga recalque (m)
1	0,43	1,7	1,05	37625,98	24076,14	0,282	0,085
2	0,28	1,7	1,11	31075,28	15677,49	0,368	0,0386
3	0,31	2,77	0,75	26875,7	17357,22	0,09	0,0445
4	0,49	4,05	0,49	27435,61	27435,61	0,074	0,21

Fonte: Autor (2020).

Comparando os experimentos 1 e 2 na tabela 2, foi observado que em ambos o corportamento do líquido é turbulento e que no experimento II a perda de carga no cano de sucção é maior e sua velocidade também. Já para o cano de recalque no experimento I, a perda de carga é maior e a velociade também. No experimento IV, a vazão de recalque e sucção ficaram com o mesmo valor e o número de Reynolds também.

Assim, a lista de materiais foi montada com base no experimento IV, conforme figura 8 A e quadro 1. Esse experimento apresentou acréscimo de insumos devido as melhorias que foram realizadaspara um melhor funcionamento do sistema em relação ao trabalho desenvolvido por Oh (2019). Por exemplo, foi colocada uma base de madeira para dar maior sustentação ao tambor, as conexões foram soldadas no tambor e foram usados tubos de 50mm na sucção e recalque.

5. CONCLUSÃO

Para a montagem do sistema o experimento IV apresentou melhor desempenho com uma altura 4,05m e o tambor não sofreu esmagamento. Esse resultado foi possível devido alteração que foi realizada no diâmetro do tubo de sucção que mudou de 32mm para 50mm e o recalque permaneceu com 50mm.

Assim o experimento IV também apresentou um comportamento mais estável entre o fluxo de escoamento de sucção e recalque com base no número de Reynolds. Com isso foi obtido uma vazão aceitável de 0.96 L/s e uma pressão interna no tambor de -32kpa, essa pressão conseguiu realizar a sucção de um tanque para outro a uma

distância de 15m. Esse resultado foi de grande valia pois possibilita o uso desse sistema em locais que precisam de irrigação e abastecimento de água para animais .

No experimento IV, o custo final para a montagem do sistema ficou em R$ 1.100,73 (mil e cem reais e setenta e três centavos). Isso aconteceu devido ao melhoramento do sistema e ao material ter sofrido um aumento muito grande de preço devido a diversos fatores decorrentes da Pandemia. Por exemplo, o tubo de 50mm que teve uma variação de R$50,00 (cinquenta reais) a R$ 86,00 (oitenta e seis reais) no mercado local. Ainda assim, o sistema é viável, pois preserva o meio ambiente por não usar combustíveis derivados do petróleo e atende locais onde ainda não foram implantadas redes de distribuição de energia elétrica.

Ao término deste estudo, observa-se que os objetivos propostos foram alcançados. Também é notável a relevância do trabalho por sua contribuição com a montagem de um sistema de bombeamento sustentável para a agricultura no Estado de Roraima. Sendo assim, futuros trabalhos podem ser desenvolvidos usando esse sistema de bombeamento aplicado a uma propriedade rural no Estado de Roraima.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO. *et al.* Manual de Hidráulica. 8. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 669 p. BAPTISTA,Marcio Benedito. Fundamentos de Engenharia Hidraulica. 3ª Ed. Ver. e ampl. UFMG,Minas Gerais,2010

BRUNETTI, Franco. Mecânica dos fluidos. 2ª Ed. rev. Pearson Prentice Hall. São Paulo, 2008.

DARDOT, Jean-Paul. Comportamento hidráulico de gotejadores pressurizados por carneiro hidráulico.TCC de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 2012. 83 p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: Mecânica. 7ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 2006.

OH, D, de S; AMORIM, E. L. FORTES, F. C. A. de Desenvolvimento e aplicação de um sistema de bombeamento d'água sustentável para irrigação. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 5, n. 12,p.32300- 32315 dec 2019.

OLIVEIRA, J. R., *et al.* Construção e avaliação de equipamento para bombeamento de água tipo " Carneiro Hidráulico alternativo". Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2011.

MADO. R; SAPAR.F; ABANAT. J D J; KUPANG .P. N. Design of Energy Saving Vacuum Pumps.Jurnal Teknik Mesinp.1– 11. Disponível em: <file:///C:/Users/EMERSO~1/AppData/Local/Temp/183-61-424-1-10-20180612.pdf>. Acesso em: 08nov.2020.

MARROQUIN, C., Sistema de bombeamento d`água Acionado por Propulsão Humana. University ofShafild (U.K.), 2012.

CAPÍTULO 03

AS TRANSFORMAÇÕES E A DINÂMICA NA OCUPAÇÃO DO TERRITÓRIO EM LUCAS DO RIO VERDE-MT

Natalício Pereira Lacerda
Graduação em Administração pela Faculdade da Ciência da Computação Cristo Rei (1993) Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Mato Grosso (2008) Doutor em Desenvolvimento Regional pela Universidade de Santa Cruz do Sul - RS (2013) Docente Adjunto VII da Universidade do Estado de Mato Grosso
E-mail: natalicio@unemat-net.br

Almir Arantes
Graduação em Licenciatura em História pela Universidade Estadual de Londrina (1986) Mestrado em História e Sociedade pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho(1993)
Doutor em Desenvolvimento Regional pela Universidade de Santa Cruz do Sul (2012) Professor adjunto V da Universidade do Estado de Mato Grosso
E-mail: almir.ski@hotmail.com

Marines Orlandi
Graduação em Administração pela Universidade Paranaense (1992)
Graduação em Licenciatura Plena em Disciplinas Profissionalizantes pela Universidade Paranaense (1995)
Mestrado em Administração em Recursos Humanos pela Faculdade de Administração de Empresasdo Estado de São Paulo (2003)
Doutora em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2014)
Professora adjunto da Universidade Estadual do Estado do Mato Grosso
E-mail: marines.orlandi@unemat.br

Silvio Cezar Arend
Graduação em Ciências Econômicas (FISC, 1999) Mestre em Economia Rural (UFRGS, 1993) Doutor em Economia (UFRGS, 2001)
Professor da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), lotado no Departamento de Ciências Econômicas e no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional (PPGDR)
E-mail: silvio@unisc.br

RESUMO: O presente estudo aborda o processo de ocupação territorial do município de Lucas do Rio Verde, localizado na região norte mato-grossense grossense, originário de projetos de colonização pública nos anos de 1980. A escolha específica desse município como base de estudo deu-se em função das peculiaridades históricas que evolveram a implantação do seu projeto de colonização, pelo seu dinamismo econômico e o processo segregação urbana. O objetivo deste estudo é investigar e analisar as conexões entre migração e desenvolvimento e sua relação com a segregação social que culminaram com a reconfiguração territorial do município.

PALAVRAS-CHAVE: Território; Colonização; Ocupação.

ABSTRACT: This study addresses the territorial occupation process of the municipality of Lucas do Rio Verde, located in northern Mato Grosso, originating from public colonization projects in the year 1980. The specific choice of this city as a study base was given due historical peculiarities that evolved the implementation of its colonization project, its economic dynamism and urban segregation process. The aim of this study is to investigate and analyze the connections between migration and development andits relationship with the social segregation that led to the territorial reconfiguration of the municipality.

KEYWORDS: Territory; Colonization; Occupation.

1. INTRODUÇÃO

O norte de Mato Grosso, até meados do Século XX, era caracterizado como uma imensa região quase vazia. Mas nos últimos 50 anos começou a transformar-se sob o impacto das políticas para a ocupação do Brasil Central e da expansão da economia brasileira através da agricultura e pecuária.

Vários foram os projetos de ocupação da região, oficiais ou particulares, que contribuíram para sua integração na economia nacional e mundial. Porém nesta vasta gama de projetos, um projeto chamou minha atenção: o Projeto Especial de Colonização (PEA) implantado no Município de Lucas Rio Verde em 1981, este projeto se destinava a atender populações a serem removidas compulsoriamente por atos do governo, localizado no eixo da rodovia Cuiabá-Santarém, entre os Municípios de Sorriso e Nova Mutum no norte do Estado de Mato Grosso.

O município de Lucas do Rio Verde, originário de projeto de colonização pública foi viabilizado pelo Programa de Colonização Dirigida, que propunha assentar famílias de sem terras oriundas do Estado do Rio Grande Sul nos anos de 1980. Os assentados que ocuparam essa área, totalizaram 203 famílias, originários do acampamento da Encruzilhada Natalino, em Ronda Alta/RS. Para Lucas do Rio Verde igualmente se deslocou um grupo de 50 famílias oriundas de São Paulo, ligadas à Cooperativa Agroindustrial Holambra, sendo que os lotes distribuídos em tamanhos que variavam de 100 a 500 hectares. Essas pessoas foram vinculadas à Cooperativa Lucas do Rio Verde (COOPERLUCAS) que, juntamente com o INCRA, foi responsável pela assistência técnica dos posseiros e parceleiros. Esse envolvimento pode ser observado na organização, no planejamento, desenvolvimento, crescimento e infraestrutura do núcleo urbano do município (ROCHA, 2008).

Como o surgimento do município esteve diretamente ligado ao projeto de colonização do INCRA, os parceleiros, apesar de terem chegado antes dos assentados da Cooperativa Holambra, não foram reconhecidos pelos assentados e posseiros, sendo considerados como desordeiros e inaptos ao trabalho no campo. Os posseiros e os assentados da cooperativa, no entanto, eram valorizados, considerados empreendedores com espírito de solidariedade e coragem. Neste processo de ocupação, as desigualdades econômicas e sociais chamam a atenção em relação à forma de uso da terra e as práticas produtivas, além de outros fatores, como o político e o cultural, denotando um jogo de forças das representações sociais

específicas de cada grupo, buscando o controle de fatores econômicos e políticos. Iniciou-se, portanto, naquele momento, o processo de exclusão (ROCHA, 2008).

Conforme apontam Santos e Silveira (2001), esses espaços globalizados tanto são agrícolas como industriais e de serviços e caracterizam-se pela sua inserção numa cadeia produtiva global, pelas relações distantes e, frequentemente, estrangeiras que criam. A este processo fluido das fronteiras, que em mundo globalizado, estas se tornam líquido, dá um falso poder de participação mundial, contudo o território não é "global". No entanto, o comportamento dos agentes e dos lugares que não são globalizados é direta ou indiretamente, influenciando e subordinado, acarreta efeitos não desejados e não previsíveis. Produz-se um efeito de entropia das empresas globais e das empresas sobre as nações e os lugares, na medida em que, para melhor funcionarem, tais empresas criam ordem para si mesma e desordem para o resto. De modo geral, e como resultado da globalização da economia, o espaço nacional é organizado para servir às grandes empresas hegemônicas e paga por isso um preço, tornando-se fragmentado, incoerente, anárquico para os demais atores.

Os pequenos centros urbanos ou espaços rurais urbanizados, como menciona Veiga (2001), como a cidade Lucas do Rio Verde, têm enfrentado vários problemas ligados às migrações internas devido à falência das bases econômicas e o redimensionando das atividades produtivas de outras regiões do país. Esse fator tem aumentando a concentração populacional nesse novo centro urbano, contribuindo para a expansão do perímetro urbano e ao aparecimento de núcleos de pobreza e um crescente aumento no processo de segregação socioespacial.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Visando a um melhor encaminhamento da pesquisa foram adotados alguns procedimentos metodológicos para sua analise e compreensão. A perspectiva adotada nesta pesquisa foi da corrente de pensamento de inspiração marxista sócio-histórica, imbricada ao materialismo histórico-dialético. O estudo partiu do território ocupado e as relações de produções capitalistas, fundamentadas na propriedade privada, que dividem o espaço, convertendo-o em mercadoria. Percebeu-se com essa abordagem teórica fundamentar o objeto dessa pesquisa imprimindo-lhe algumas características próprias de forma qualitativa.

Para isso, foram utilizados os seguintes métodos e técnicas de pesquisa: a

bibliográfica que foifeita em documentos oficiais como decretos, leis, em revistas, jornais, mapas e páginas eletrônicas, além de dados quantitativos oficiais e entrevistas não diretivas.

As entrevistas foram feitas com os atores sociais, responsáveis pela produção do espaço: políticos, moradores, presidentes da associação de moradores, empresários, professores, produtores agrícolas, investidores, trabalhadores urbanos e rurais que habitam o município de Lucas do Rio Verde, em um total de 26 entrevistas. Trata-se de entrevistas não diretivas que, segundo Richardson e colaboradores (1989, p. 163) implicam que "O entrevistado deve ter liberdade de falar, deve poder abordar o tema na forma que ele quiser. O entrevistador não deve fazer perguntas específicas [...]". Observa-se que se propiciou o anonimato dos entrevistados ao indicar-lhes uma identificação cujas iniciais refletem situações e contextos e não seus nomes e sobrenomes.

3. A RECONFIGURAÇÃO TERRITORIAL NO MUNICÍPIO DE LUCAS DO RIO VERDE

O município de Lucas do Rio Verde nasceu a partir da política de integração nacional promovida pelo governo militar. Estradas eram necessárias ao povoamento e à ocupação territorial, então, o 9º Batalhão de Engenharia e Construção do Exército Brasileiro realizou a abertura da rodoviaBR-163, que liga Cuiabá (MT) a Santarém (PA). Com a rodovia, iniciou-se a colonização da região, às margens do Rio Verde, na segunda metade da década de 1970.

Em 1977, chegaram alguns colonizadores que foram denominados posseiros e, em 1979, a região já contava com 26 famílias que se concentravam principalmente na região do lago azul, cogitado inicialmente para sediar o município.

O Projeto de Assentamento Conjunto (PAC) Lucas do Rio Verde foi o projeto mais importanteem Mato Grosso em termos de superfície, com cerca de 220.000 hectares. Os outros PACs foram desenvolvidos em espaços desocupados, enquanto o PAC Lucas do Rio Verde se estabeleceu em um território onde já existiam posseiros em mais de 65.000 hectares. O projeto previa a venda de lotes de 200 hectares, cuja metade deveria ser mantida em reserva florestal. Os lotes deveriam ser pagos pelo colono em um prazo de 20 anos. Foram ocupados, à época, aproximadamente 197 mil hectares de cerrados e fitofisionomias de domínio amazônico (DLUZNIEWSKI,

2006).

No fim de 1982, o INCRA regularizou os posseiros instalados antes da realização do PAC e procurou parcerias para organizarem as ocupações das terras que ainda se encontravam desocupadas. A COOPERLUCAS, cooperativa de empresários rurais do interior do Estado de São Paulo, ligada à cooperativa Holambra, assinou acordos com o INCRA para a instalação de 900 famílias associadas à cooperativa.

O INCRA instalou os parceleiros e construiu a infraestrutura. O PROTERRA financiou aproximadamente 25 hectares para cada família para que os abrissem e plantassem neles as primeiras culturas. Apesar disso, como vários produtores não tiveram capacidade de financiar os custos de mecanização, correção e adubação das parcelas das terras, abandonaram rapidamente seus lotes. Em 1983, permaneciam somente 18 das 200 famílias assentadas no primeiro ano. Os fatos ocorridos servem como afirmação de que todo processo de ocupação deflagrado pelo governo brasileiro se constituiu em uma inclusão precária. Ao chegarem, os parceleiros foram segregados economicamente e acabaram novamente excluídos econômica e espacialmente.

Desse modo, elucida Martins (2009) que a área maior de terra lança o pequeno agricultor a outra escala de relacionamento com o capital. A diferença entre a situação atual e a anterior é que, no Sul, o crescimento da família e dos filhos gerava uma escala de necessidades que não podia ser atendida pelo trabalho, comprometendo a reprodução social familiar. Em Mato Grosso, a terra poderia absorver todo o trabalho da família, porém essa faina foi insuficiente para transformar o cerrado em terra produtiva. Essa incapacidade foi suprida por tecnologia que, no Sul, limitava-se ao arado e ao boi, mas o cerrado exigia o trator e a colheitadeira; porém os parceleiros foram ao Mato Grosso com a ilusão de ter (possuira terra) e de ser (protagonistas de mudanças sociais), o que não aconteceu.

Segundo Moreno (2005) a promoção da modernização do campo era conservadora, pois propunha a reforma agrícola sem alterar a estrutura fundiária. Como consequência, houve a expansão horizontal da agricultura com apelo pela especulação de terras nas regiões de fronteira agrícola, o que implicou a redefinição das formas de organização da produção e relações de trabalho no campo.

Explicitava-se uma estratégia de distribuição controlada da terra, porém com o predomínio da parcela monopolista do capital, ou seja, das grandes empresas que

tinham acesso direto à terra e ao crédito.E os migrantes que não tinham acesso à terra fixavam-se nas cidades. Dessa forma, a urbanização cumpre um papel fundamental na formação de um mercado de força de trabalho, necessário aos empreendimentos capitalistas, nacionais e estrangeiros (MACHADO, 1982).

Em 1986, o núcleo de Lucas do Rio Verde foi elevado à condição de Distrito de Diamantino e, em 04 de julho de 1988, por meio da Lei Estadual nº 5.318, alcançou autonomia político-administrativa, tornando-se município, com cerca de 5.500 habitantes. O município de Lucas do Rio Verde, segundo o censo do IBGE 2010, conta com 45.556 habitantes[1].

O município de Lucas do Rio Verde recebeu, no ano de 1989, o titulo de doação onerosa do perímetro urbano do Ministério da Reforma e Desenvolvimento Agrário (MIRAD) que, no mesmo ano, aprovou o primeiro perímetro, com uma área de 1.405,0024 ha, passando a ter os seguintes limites e confrontações: NORTE: Rio Verde e Setor 13; LESTE: Setor 13; SUL: Setor 13 e Setor 02; OESTE: Setor 01 e Setor 02 conforme Lei Municipal n°026/89.

No projeto urbanístico original, elaborado pelo MIRAD, todas as vias foram projetadas com largura de 20 m. Algumas vias foram reformuladas com desapropriações de 1,00 a 2,00 metros de cada lado, alterando assim seus dimensionamentos, para larguras variando de 22,00 a 24,00 metros.

Em 2002, foi aprovada a Lei Municipal nº 887/2002, que ampliou o perímetro urbano. Já em 16 de junho de 2003, nova alteração do perímetro urbano foi realizada. O novo perímetro urbano ficou com uma área de 2.256,57 ha. A expansão do perímetro urbano se deveu ao aumento crescente da população oriunda da constante recepção de migrantes de várias regiões do Brasil, principalmente da região Nordeste.

O município de Lucas do Rio Verde, com expressivos 135,8 % de crescimento entre os anos de2000 a 2010, apresentou uma taxa média anual de 9,0 %. Esse crescimento acelerado se deveu à industrialização que trouxe vários problemas, obrigando a administração municipal reorganizar o espaço urbano por meio de um novo plano diretor buscando a sua expansão.

Em relação à economia do município, a soja é o principal produto cultivado e alavanca a economia local. Segundo dados do IBGE 2010, o município é considerado

[1] População estimada em 2015 de 57.285 residentes com data de referência 1º de julho de 2015, publicadas no Diário Oficial da União em 28/08/2015.

o 9° maior produtor do Estado de Mato Grosso, o qual é líder na produção nacional desse tipo de grão com 20,4 milhões de toneladas. Lucas do Rio Verde contribuiu para essa liderança com uma produção 756.648 toneladas.

A característica do desenvolvimento econômico do município é um projeto ambicioso que promove a expansão da soja de forma integrada a outras atividades da produção, como o esmagamento de grãos utilizados tanto para geração de bio-combustíveis, quanto na fabricação de ração utilizada como insumo na produção de derivados da carne.

Esse tipo de arranjo produtivo se consolidou em três grandes projetos industriais que já estão trabalhando de forma integrada: as unidades agroindustriais da Sadia; a esmagadora de soja da A. Maggi e a usina de biodiesel da Fiagril. A proximidade física entre as unidades produtivas dessas empresas permite a constatação da aglutinação de plantas industriais, conformando assim um sistema produtivo vertical cujo resultado é um "maior adensamento das relações intersetoriais" (UDERMAN; MENEZES, 1998).

O município de Lucas do Rio Verde implantou o sistema produtivo baseado na integração vertical, principalmente com a produção de grãos como soja, milho e a suinocultura; essas matérias- primas têm ocupado lugar de destaque na matriz produtiva do agronegócio luverdense. Essa situação se deve não só pela sua dinâmica interna, mas também por possibilitar a parceria produtiva entre esses segmentos e gerar divisas no mercado externo (GONÇALVES; PALMEIRA, 2006).

Percebe-se que Lucas do Rio Verde pode ser enquadrado entre aqueles municípios que passaram por adaptações em sua estrutura urbana com o objetivo de atender às demandas das atividades agrícolas, no que se refere ao "consumo produtivo" do campo, composto pelas máquinas, implementos e insumos materiais e intelectuais indispensáveis à produção (SANTOS, 1994).

Conforme Elias (2007, p. 54): As demandas das produções agrícolas e agroindustriais intensivas têm o poder de adaptar as cidades próximas às suas principais exigências, em virtude de fornecerem a grande maioria dos aportes técnicos, financeiros, jurídicos, de mão de obra e de todos os demais produtos e serviços necessários à sua localização. Quanto mais intensiva e globalizada a agropecuária, mais urbana se torna sua gestão, dinamizando o setor terciário e, consequentemente, a economia urbana. Isso evidencia que é na cidade que se realizam a gestão e a normalização das transformações [...] do espaço agrícola.

Nas cidades, a apropriação e o uso do solo estão relacionados diretamente com a questão econômica que irá influenciar na localização e acessibilidade no espaço. Dessa forma, podemos entender como ocorre a construção de espaços segregados nas cidades.

Para Castells (1983, p.181) a segregação é o resultado da desigual distribuição do produto entre os sujeitos e que irá determinar o produto moradia no espaço. A abordagem de Castells enfatiza a estruturação da sociedade, tanto das formas urbanas, quanto da distribuição dos indivíduos nesta [...] A sociedade é definida como sendo um sistema de relações entre partes funcionalmente diferenciadas e que estão localizadas territorialmente.

Para Lipietz (1988), o fenômeno de periferização e de segregação socioespacial é marcado pela divisão desigual do trabalho que, segundo Lipietz (1988), na cidade capitalista é caracterizada pela localização de lugares específicos para produções manufatureiras, determinadas pela proximidade das matérias-primas e dos meios de comunicação. A cidade torna-se o terreno das externalidades, ao mesmo tempo em que se constitui o local de comando dos negócios econômicos, financeiros e políticos.

Uma enorme concentração de proletários desloca-se em busca da oportunidade da continuação da reprodução de sua força de trabalho.

A cidade de Lucas do Rio Verde veem-se valores assimilados como inferioridade e subordinação, expressos em bairros periféricos. Essa desconsideração aparece claramente em sua localização, cujo isolamento é fator fundamental para segregar determinados segmentos sociais da competição inerente a qualquer sociedade capitalista como no caso do bairro operário Tessele Júnior[2].. Relacionado à reprodução das relações sociais, a dinâmica do espaço é inerente à dinâmica da sociedade. Cada sociedade constrói um espaço para si, de acordo com suas necessidades ou de acordo com os interesses dominantes nessa sociedade.

[2] A vila nasceu junto e a partir da instalação da fábrica da Sadia no município e foi construída em uma área alienada diretamente pela prefeitura municipal por intermédio da Lei nº1.475, de 28 de novembro de 2007. O texto da lei alienou diretamente para a Sadia, sem concorrência pública, 1.500 imóveis urbanos, cada um com 250m² localizados nos loteamentos Luiz Carlos Tessele Júnior I e II, no setor industrial II, onde atualmente é a Vila da Sadia. Essa concessão tinha a finalidade de fazer cumprir o Protocolo de Intenções firmado em 19 de setembro de 2005 entre o governador Blairo Maggi e a Sadia. Cada imóvel foi alienado no valor de R$ 1.500,00 (um mil e quinhentos reais), ficando a empresa responsável pela construção de uma unidade habitacional em cada um deles e "repassá-los aos seus funcionários sob pena de rever são dos referidos imóveis ao patrimônio público municipal" (artigo 3º).

Nesse sentido, pode-se falar de várias organizaçõesespaciais, definidas a partir de suas várias organizações sociais. As mutações das sociedades pressupõem igualmente, mudanças do espaço, não como uma relação mecânica, mas como uma dimensão da sociedade, sendo aquele produto desta, mas também um meio e uma condição necessária para que as suas relações existam e se perpetuem (TRINDADE JR., 1998, p. 6).

O mais conhecido padrão de segregação das cidades brasileiras é o do centro para periferia. A região central é dotada da maioria dos serviços urbanos públicos e privados, é ocupada pelas classes de mais alta renda; o arrabalde, sub-equipado e longínquo, é habitado predominantemente pelos excluídos (VILLAÇA, 2001 p.143).

Em entrevista realizada com moradores do conjunto habitacional Sebastião de Matos, um deles, denominado de “Morador A”, diz: “A gente conseguiu a casa, mas o problema é que muito longe da cidade. A gente sai de manhã e só volta de noite, senão não dá tempo da gente nem almoçar. Ah, outra coisa aqui é que aqui não tem posto de saúde, nem escola”. (2013).

Para Castells (1983, p.181): A segregação é o resultado da desigual distribuição do produto entre os sujeitos e que irá determinar o produto moradia no espaço. A abordagem de Castells enfatiza a estruturação da sociedade, tanto das formas urbanas, quanto da distribuição dos indivíduos nesta [...]A sociedade é definida como sendo um sistema de relações entre partes funcionalmente diferenciadase que estão localizadas territorialmente.

O pensamento liberal assume uma finalidade prática: fazer o sujeito se enxergar como espectador da realidade, ocultando as origens das mazelas sociais (MESZÁROS, 2006). Igualmente, direcionar para os oprimidos a responsabilidade por viverem da maneira como vivem; logo, são taxadoscomo a “escória da humanidade”. Em outras palavras, é o sujeito sem renda e sem propriedade o culpado pela desigualdade social.

Exemplo disso é o bairro Tessele Junior, o qual, em sua maior parte, é ocupado por operários da Sadia (BRF) onde foram construídas 1500 residências. A separação acontece espacial e simbolicamente onde a cidade separa-se da vila, estigmatizando seus moradores principalmente os nordestinos como desordeiros, que sujam a cidade, brigam, bebem muito. Ao entrevistar um comerciante do bairro, ele relatou que:

“O bairro, nos dias de semana, é tranquilo, porém nos finais de semana a coisa

fica feia, os maranhenses bebem muito, brigam. Nessa semana mesmo esfaquearam dois aqui, mas o que a gente pode fazer? A Sadia precisa de gente para trabalhar, na região não se encontra ninguém, então a Sadiamanda buscar lá no Nordeste e toda semana chega um ônibus de lá" (COMERCIANTE, 2013).

O pobre, assim, é visto por essa mesma sociedade capitalista, que reifica as relações humanas e mercantiliza todas as esferas da vida cotidiana, como um perdedor, um ser desvalorizado socialmente, desprovido de competências individuais para alcançar um determinado patamar financeiro (FREIRE, 1989; GUARESCHI, 2005). Essa análise do segmento mais pobre da população reflete uma visão condicionada pelos traços mais marcantes da ideologia burguesa, difundidos largamente na sociedade (pela televisão, pelos programas assistenciais, escolas, etc.), tais como: (a) culpar os indivíduos pelos seus fracassos (quando a sociedade justifica o fracasso por uma suposta deficiência moral que está presente, por excelência, nas famílias mais pobres); (b) discurso da competência (no caso de o pobre ser considerado, por natureza, um indivíduo menos competente do que o rico, no que diz respeito à obtenção de um determinado padrão de vida) e (c) associação da pobreza com a violência (o pobre como ser essencialmente rude, bruto e violento) (COSTA, 2005). A reafirmação desse pensamento podeser encontrada no Plano Diretor do município de Lucas do Rio Verde, ao descrever os problemas na áreade saúde, com o aumento do fluxo migratório. "O número de gestantes de 10 a 15 anos é elevado nas áreas que sofrem maior migração e isso se deve ao fato de que o planejamento familiar torna-se ineficaz pela alta densidade populacional em uma residência. Há relatos de 15 habitantes em uma residência de60 m^2, onde a maioria passa o dia ocioso e, principalmente por comportar pessoas em fase sexual exclusivamente ativa, promove a procriação" (PDMLR, 2008, p. 113)

Porém algumas indagações ficaram pendentes, por que trazer trabalhadores do Nordeste? Nessa entrevista foram feitas algumas correções verbais no texto para melhor entendimento do leitor: "Com o crescimento do município, precisamos de mão obra em Lucas, faltam, no mínimo, 5.000 trabalhadores, mas não de mão de obra qualificada, mão de obra bruta, pedreiro, carpinteiro para baterno chão de fábrica e não tem essa mão de obra em Mato Grosso, pois o Mato Grosso é um vazio demográfico, um gigante adormecido. Aí você começa a trazer (referindo-se ao nordestino), o sulista não se adapta muito bem aqui, ele vem para trabalhar na agricultura, mas para trabalhar em fábrica elenão se adapta e aí tem que ir ao Nordeste

captar essa mão. Vem outro desafio: como fixar essa mão deobra? Precisa de escola de qualidade, PSF (Posto Saúde da Família), tem que ter praça, tem que ter área de lazer, o povo é muito de lazer, não está preocupado em poupar dinheiro, eles querem ter lazer, se divertir" (PIONEIRO e EMPRESÁRIO , 2013).

O território urbano é comumente estruturado no binômio acumulação e miséria, ocasionados em razão dos incentivos do Estado ao capital industrial e da regulação imobiliária. Essa díade repete- se nas cidades brasileiras e não seria diferente nos município de Lucas do Rio Verde. Igualmente, o urbano se reproduz geralmente por meio de áreas centrais remodeladas e bem assistidas no tocante à infraestrutura urbana ao lado de periferias marginais, dependentes, improvisadas, carentes dos mais diversos bens e serviços de consumo coletivo. Nesse caso, identificam-se dois modelos de segregação:a voluntária e a involuntária. A voluntária se dá quando o indivíduo vai habitar um determinado local da cidade por sua própria iniciativa; a involuntária quando forças externas obrigam o individuo a habitar ou a deslocar-se de determinados espaços.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A idealização de fronteira econômica propalava em seu discurso a hegemonia do bandeirante contemporâneo, do pioneiro, reeditando um ideário de um Eldorado para atrair os primeiros fluxos migratórios nos anos de 1970. Essa estratégia foi retomada novamente para atrair um novo fluxo migrante para essas cidades do agronegócio onde os processos de segregação tende a assumir um caráter singular: a disseminação da ideia de que o "desenvolvimento" trará condições igualitárias de existência a todos os envolvidos no processo.

Porém não se pode esquecer que as políticas macroeconômicas e agrícolas em uma sociedade com economia cada vez mais integrada ao comércio global e urbanizada tal qual a dos municípios estudados, tendem a ser cada vez menos identificados como problemas rurais e não se resolvem apenas no campo ou na cidade. Isso implica que a progressiva reconversão da agricultura brasileira não poderá se efetivar de forma independente da matriz global do desenvolvimento. Resulta daí que qualquer projeto desenvolvimento para o conjunto não terá vigência nem se consolidará sem que se inicie desdelogo, um processo orientado de ajustamento das políticas macroeconômicas e agrícolas.

Faz-se também necessário uma coerência na atuação dos órgãos públicos, bem como, criação e implementação de políticas de incentivo às universidades e instituições de pesquisas, no sentido de buscar soluções às essas questões. Além disso, encorajar e incentivar a iniciativa privada a participar desse processo através de estratégias que promovam o desenvolvimento econômico, porém primando pela qualidade de vida da população e a justiça social.

Porém as decisões e mudanças não dependem somente da vontade do indivíduo, nem é resultado de uma determinação maior, mas vão sendo construídas aos poucos em função dos movimentos e posições de um todo.

Vale ressaltar ainda, que o intenso processo de modernização e industrialização da agricultura favoreceu apenas uma parte da população detentora dos recursos financeiros em detrimento daqueles desprovidos de capital. Estes acabaram buscando alguma atividade nos centros urbanos. Este foi o fator responsável pela elevada concentração da população e consequentemente a reconfiguração do território, que cria novas centralidades, eixos de valorização ou desvalorização da terra, provocando alterações nos preços que recaem com maior peso sob as populações mais pobres.

Que se distribui de forma desigual no território urbano, de forma dualizada entre ricos e pobres, com uma organização corporativa e fragmentada, onde as elites podem controlar a produção e o consumo da cidade, através de instrumentos como o Estado e o mercado imobiliário, o território é utilizado não como um mero reflexo das condições sociais, mas como um condicionador dessa participação nesse sistema econômico.

Deve-se rejeitar enfaticamente a proposta de crescer antes e distribuir depois, isto é, abandonar de vez a ilusão de que os efeitos do crescimento vão difundir-se como um todo no tecido social. Permanece a nós brasileiros como desafio, a tarefa de buscar e novos modelos de desenvolvimento, de modo a torná-lo politicamente correto, socialmente justo, economicamente eficaz e sustentável.

REFERÊNCIAS

CASTELLS, M. A questão urbana. 4. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

COSTA, G. M. Trabalho, individualidade e pessoa humana. 2005. Tese (Doutorado em Serviço Social). Programa de Pós-Graduação em Serviço Social, Universidade Federal de Pernambuco. 2005.

DLUZNIEWSKI, Lucirene. Do Cerrado estéril nasce uma terra de oportunidades. Expolucas 2006. G&P. Lucas do Rio Verde: Gráfica Regente, 2006.

ELIAS, Denise. Agricultura e produção de espaços urbanos não metropolitanos: notas teórico - metodológicas. In: SPOSITO, Maria Encarnação B. (Org.) Cidades médias: espaços em transição. SãoPaulo: Expressão Popular, 2007.

FREIRE, Paulo. Pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1989

GONÇALVES, Rafael Garcia. PALMEIRA, Eduardo Mauch. Suinocultura brasileira. In: Observatorio de la Economía Latino americana, n. 71, 2006. Disponível em:<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/>. Acesso em: 21 mar. 2015.

GUARESCHI, P. A. Psicologia social como prática de libertação. 3º ed. Porto Alegre: Edipucrs. 2005. LIPIETZ, Alain. O capital e seu espaço. 2ª ed. São Paulo: Nobel, 1988.

Machado, L.O. (1982). Urbanização e Migração na Amazônia Legal: Sugestão para uma abordagem geopolítica. Boletim Carioca de Geografia, 32:

MARTINS, José de Souza Fronteira: a degradação do outro nos confins do humano. São Paulo: Contexto, 2009.

MESZÁROS, I. A teoria da alienação em Marx (I. Tavares, Trad.). São Paulo: Boitempo. 2006.

MORENO, Gislaene e Tereza Higa, Geografia de Mato Grosso. Território, sociedade, ambiente, Entrelinhas 2005.

PDMLR. Plano Diretor do Município de Lucas do Rio Verde. 2008. www.lucasdorioverde.mt.gov.br/#books.

RICHARDSON, Roberto Jarry; Colaboradores: Peres, José Augusto de Souza, *et al.* Pesquisa social: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1989.

ROCHA, Betty Nogueira. Em qualquer chão: sempre gaúcho! A multiterritorialidade do migrante “gaúcho no Mato Grosso”. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade CPDA). Instituto de Ciências Humanas e Sociais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2006.

SANTOS, M A urbanização brasileira. São Paulo. Hucitec, 1994
SANTOS, Milton e SILVEIRA, María Laura. O Brasil: território e sociedade no início do século XXI. Rio de Janeiro: Record, 2001.

TRINDADE JÚNIOR, Saint-Clair Cordeiro. A cidade dispersa: os novos espaços de assentamentos em Belém e a reestruturação metropolitana. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998.

UDERMAN, Simone. MENEZES, Vladson B. Os novos rumos da indústria na Bahia. Revista Econômica do Nordeste, v. 29, n. especial, p. 715-737, Fortaleza, julho de 1998.

VILLAÇA, Flávio. Espaço intra-urbano no Brasil. São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute, 2001.

CAPÍTULO 04

METHODOLOGY FOR PLANNING THE HORIZONTAL ALIGNMENT OF HIGHWAYS BASED ON GIS AND MULTICRITERIA ANALYSIS

Rian das Dores de Miranda
Mestrando em Engenharia Civil Universidade Federal Fluminense
Endereço: Rua Passo da Pátria, 156 - São Domingos, Niterói - RJ, CEP 24210-240
E-mail: rian_miranda@id.uff.br

Walber Paschoal da Silva
Doutor em Engenharia de Transportes Universidade Federal Fluminense
Endereço: Rua Passos da Patria, 156, bl.D, sl.563C – São Domingos, Niteroi/RJ, CEP: 24210-240
E-mail: walberpaschoal@id.uff.br

ABSTRACT: This paper provides a simplified methodology to support horizontal alignment planning for highways. The approach adopted considers the influence of technical, socioeconomic and environmental factors during the planning stage. The proposed set of analysis criteria includes the terrain slope, soil type, land cover, central business districts and development zones located within the study area. Using a Geographic Information System and weights resulted from a multicriteria analysis, a decision model was created to allow the automatic design of the horizontal alignment between predetermined origin and destination points. Finally, it is conducted a case study that reveals the consistency of the proposed methodology, generating a horizontal alignment that meets with the expected results.

KEYWORDS: Highway planning; Horizontal alignment optimization; Multicriteria analysis; Geographic Information Systems (GIS).

RESUMO: Este trabalho apresenta uma metodologia simplificada para auxiliar o planejamento do alinhamento horizontal de rodovias rurais. A abordagem adotada considera a influência de fatores técnicos, socioeconômicos e ambientais durante a fase de planejamento. Os critérios de análise propostos incluem a declividade do terreno, tipo de solo, cobertura do solo, polos econômicos e áreas em desenvolvimento. Utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e pesos resultantes de análise multicritério, foi criado um modelo de decisão para a geração de alinhamentos horizontais entre pontos de origem e destino predeterminados. Por fim, foi conduzido um estudo de caso que revela a consistência da metodologia gerando um alinhamento horizontal que atinge os resultados esperados.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento rodoviário; Alinhamento horizontal; Análise Multicritério; Sistema de Informações Geográficas (SIG).

1. INTRODUCTION

Highway planning is a multidisciplinary process that demands a thorough investigation of the features located within the study area. Elements such as local topography, soil type, and land cover shall be properly analyzed, facilitating the determination of interest areas and obstacles to be deviatedby the highway alignment. These elements support technical decisions during the alignment selection, as well as help designers to fulfill the needs of local communities.

Although the planning stage may raise the initial costs of the project, it potentially lowers the expenditures during the construction phase. Optimal alignments require both fewer earth works activities and bridge constructions, two of the most expensive works associated with highways. Furthermore, optimization plays a critical role in environmental licensing since it minimizes the impacts in law-protected areas, such as natural conservation units and ethnic group lands. This is particularly relevant in countries that have a biological and historical richness, such as Brazil, and may represent the difference between a project being approved or refused by environmental agencies.

As to assist the process of alignment selection, Geographic Information Systems (GIS) arise asa powerful resource. GIS represents georeferenced datasets through thematic maps, which supports the task of highway planning. It also enables the development of decision-making routines that help alignment choices based on a methodology previously established. As a result, designers can standardize the selection process, reaching highly accurate results while using a very practical approach.

Therefore, this paper presents a methodology that supports the optimization of the horizontal alignment selection process for highways, to a tactical planning level. To achieve this goal, the following specific objectives were set:

- Model the study area using Geographic Information System as an aiding tool;
- Identify relevant decision-making factors for the planning stage;
- Hierarchize the decision factors through multicriteria analysis;
- Automatically generate a horizontal alignment using GIS features.

The methodology proposed in this article assists the alignment selection process by analyzing technical, environmental, and socioeconomic factors related to the planning stage. It also covers the following challenges: study area delimitation, compliance with environmental laws, and assignment ofinterest areas to be trespassed by the alignment.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Previous studies on alignment selection supported by gis

Due to the importance of fitting highway systems to technical and legal constraints, many studies have been conducted to support the procedures of alignment selection. Since this job requires the investigation of vast databases, most of the studies rely on GIS to support their analysis. Penido, Kux & Mattos (1998) analyzed two proposed routes for the West section of the Rodoanel Metropolitano road, in São Paulo, Brazil. The authors applied a digital elevation model, soil type information, topographic maps, and aerial photography. Their model resulted in a map that classifies the study area into 5 suitability categories: Very high, high, moderate, low, and very low. The selectedroute was the one trespassing the areas with the highest suitability.

Weber *et al*. (1998) examined six alternative highway alignments connecting the cities of Sinimbu and Barros Cassal, in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Their methodology relies on the following technical and environmental criteria: vegetation, percent slope of the terrain, width and winding of the road section, and the total length of the road. Technicians in highway engineering ranked each criterion by weight assignment. The analysis shows that two among six considered alternatives presented potential to pass through further studies, since they are feasible technically, economically and environmentally.

Recent studies have also considered socioeconomic factors and environmental protection as selection criteria. Effat & Hassan (2013) adopted cultural heritage, ecology and land cover as analysis factors. Lopes (2015) observed the spatial location of the economic activities within the study area, assigning their level of importance for the development of the region. The author also examined environmental laws and

technical standards to create restrictions and suitability parameters, which guide the alignment selection process. Finally, he employed the Analytic Hierarchy Process to rank the criteria and used GIS to determine the alignment connecting Itajaí to Curitibanos, in the state of Santa Catarina, Brazil. Singh & Singh (2017) adopted a similar approach by highlighting social, economic, environmental and technical impacts of highway construction in Allahabad City, India. Their analysis relied on individual maps for each factor, followed by the least-cost path analysis to determine the alignment that best fits each case. This process resulted in four alternative routes, and the selected oneprioritized the technical factors.

2.2 Multicriteria analysis

Multicriteria analysis is a powerful tool that has been employed in the planning stage of all sorts of projects. Its main goal is to support complex decisions that require the analysis of a large number of conflicting factors (GOMES *et al.*, 2002 *apud* HELMANN & MARÇAL, 2007). Decision-makers shall select a set of relevant criteria and rank each criterion according to their importance. Thus, the final decision depends on the weights assigned during this process.

A widely known multicriteria method is the Analytic Hierarchy Process (AHP), proposed by Thomas Saaty. The AHP follows the Cartesian logic, dividing complex problems into many portions and allowing these smaller parts to be easily comprehended. According to Saaty (2008), AHP breaks the decision process into four steps:

1) Identify the problem and establish the kind of knowledge pursued;
2) Structure the decision hierarchy from the top, represented by the objective of thedecision, to intermediate levels, formed by the criteria on which subsequent levels rely;
3) Form a group of matrices for pairwise comparison, where the criterion in the line iscompared to another one in the column, using a numeric scale;
4) Use these values to establish the weights of the criteria.

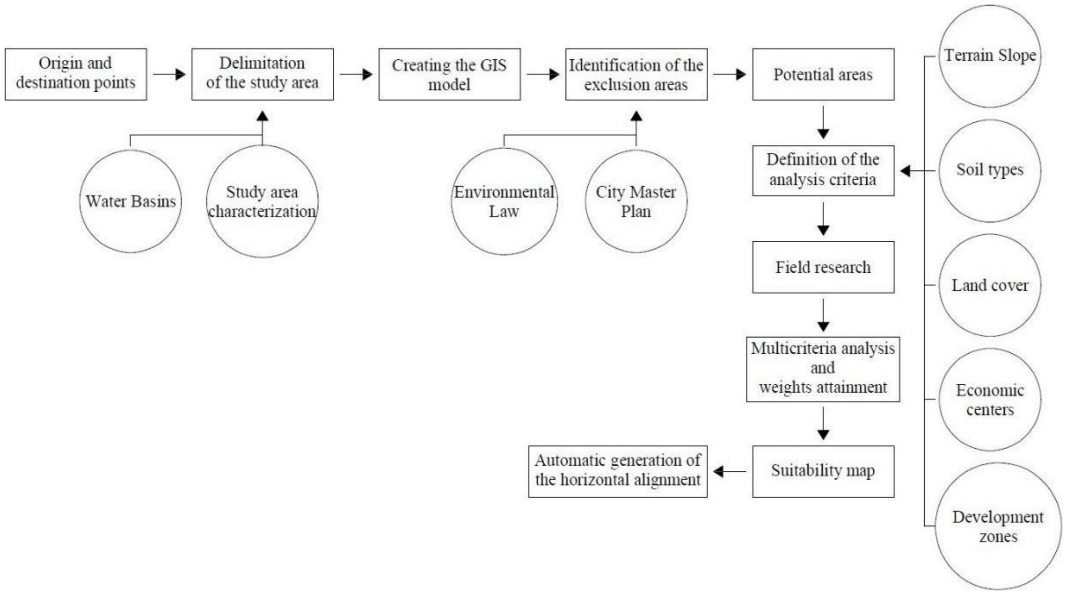
The pairwise comparison is applied through a numeric scale, which indicates

the intensity of a criterion over another. Therefore, the Saaty scale comprises the following values (SAATY, 2008): 1 (Equal importance), 3 (Moderate importance), 5 (Strong importance), 7 (Very strong importance), and9 (Extreme importance).

3. METHODOLOGY

This paper develops a methodology for horizontal alignment selection of highways, based on origin and destination points previously defined. The following procedures are applicable in the preliminary reconnaissance stage of the highway projects. The flow chart in figure 1 presents the stepsof the methodology.

Figure 1 – Flow chart of the methodology



3.1 Delimitation of the study area

The first step to delimitate the study area is the identification of impacts caused by the construction and operation of the road. Brazilian legislation divides the environment into three main realms for impact investigation, which are the physical, biological and socioeconomic realms (BRAZIL, 2011a). The physical realm refers to natural resources located inside the study area, as soil and water bodies; the biotic realm relates to the fauna and flora, especially in areas of permanent preservation; the socioeconomic realm relates to the dynamics of land use, the economy and the existence of historical communities (BRAZIL, 2011a). The proper identification of these realms is fundamental to determine the study area for highway planning.

Following the guidelines provided by the Brazilian Ministry of Environment, this paper considers the study area as the sum of the indirect influence areas (IIA) of the highway over the physical, biological and socioeconomic realms. The physical and biological realms are delimited by the sub-basins that contain the origin and destination points (BRAZIL, 2011a). Besides, a regional characterization shall be taken to identify the economic activities of the region, as well as the effects of these on the migration flows, tax revenues and land use of the analyzed cities.

3.2 Creating the gis model

The GIS model must contain the origin and destination points, in addition to the boundaries of the study area. The spatial analysis tools provided by the software ArcGIS are used to accomplish this task. The layers used in the model are shapefiles of the city limits, origin and destination points, and sub-basins within the study area.

3.4 Identification of the exclusion areas

In this stage, the planning team shall identify inadequate areas for the installation of the roadway. Local laws indicate requirements of natural and cultural protection of the territory, which allow the designers to assign an area as appropriate or not. If an area is prohibited to receive the alignment of the road, it must be excluded from the GIS model. Based on the Brazilian laws, this methodology covers the following exclusion areas: units of nature conservation, caves, and ethnic lands. Riparian forests are considered low-interest areas, due to their restriction of use for highway operations. Thus, the alignment must avoid trespassing them when possible, in order to protect the local fauna and flora. The descriptions of the areas evaluated in this methodology are listed below:

1) Units of nature conservation: areas with the main purpose of wildlife protection, where the exploration of natural resources is prohibited. Among the group of units of nature conservation are all national, state and city parks, biological reserves and wildlife shelters.
2) Ethnical lands: areas exclusively dedicated to the maintenance of the

cultural heritage from ethnical groups, such as native populations and African-Brazilian communities.

3) Natural Caves: This group covers the caves, dens and cliffs.

4) Riparian Forests: Areas covered by native vegetation that guarantee the welfare of native communities by preserving the water, soil and biodiversity. The guidelines for exploration of riparian forests vary according to the local legislation, which can limit or even prohibit their use.

The identification of exclusion and low-interest areas shall be supported by an official georeferenced database. If the official agencies lack any relevant data, they must be vectored in the GIS model, to guarantee the accomplishment of the analysis. Fundamentally, all database layers have the same coordinate system before proceeding the task.

3.5 Potential areas

The potential areas are obtained after removing the exclusion areas from the GIS model. As these areas are free of any restriction to highway constructions, the model considers them as availableto receive the horizontal alignment.

3.6 Definition of the analysis criteria and data collection methods

While selecting the analysis criteria, the design team may prioritize a horizontal alignment that meets both the technical conditions and the needs of society. Each case may demand a different set of analysis criteria, based on both the regional characteristics and the level of detail desired. As a simplification, this methodology only covers the terrain slope, soil type, and land cover as technical criteria. The socioeconomic criteria approached are economic centers and development zones. The database related to each criterion is inputted in the GIS model as individual layers. These data can be obtained through the website of public agencies or by vectoring them if necessary.

Terrain slope

The alignment must prioritize areas of low slope percentage. This approach seeks to minimizethe occurrence of earthworks, reducing construction costs (DNER, 1999). The terrain slope map follows the standards proposed by the Brazilian Company of Agricultural Research (EMBRAPA), which considers six classes: level, from 0 % to 3 %; slightly rolling, from 3 % to 8 %; rolling, from 8 % to 20%; strongly rolling, from 20 % to 45 %; mountainous, from 45 % to 75 %; and strongly mountainous, over 75 %. These percentages represent the terrain step rise over run.

The terrain slope map is obtained by using digital elevation models in ArcGIS. Digital elevation models are raster images with a 90-meter resolution where the elevation values of the Earth surface areassigned to each pixel. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) generated these models in theyear 2000. Nowadays, they are available in the EMBRAPA website (EMBRAPA, 2017).

Soil type

Granular materials such as sand, coarse and gravel are the most suitable types of soil for highway construction since they present rounded particles with big diameters. Because they passed through a long process of abrasion, these particles have the elevated mechanical resistance required toreceive the roadway structure (OGLESBY, 1975). On the other hand, fine particles like clay and silt shall be avoided by the horizontal alignment, once they store water and lower the soil resistance (OGLESBY, 1975).

Land cover

This methodology treats six classes of land cover: artificial areas, crops, pasture, crops with remaining forest, forest, and water bodies. The level of importance attributed to each class shall be estimated through a query with specialists during the questionnaire application. However, the horizontal alignment is already expected to avoid crossing artificial areas and water bodies since they raise both expropriation and bridge construction costs. The land cover maps are generated using the ArcGIS Image Classification tool. The image composition uses bands 6, 5, and 4 of Landsat 8 images

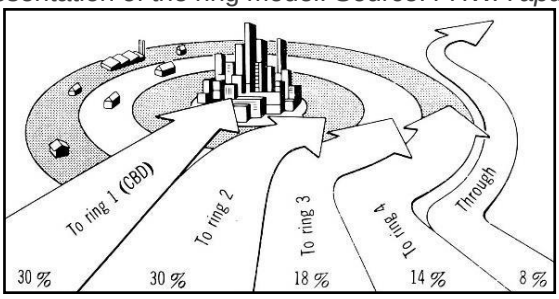
collected from the Brazilian National Institute of Spatial Research (INPE, 2018).

Economic centers

During the regional characterization, all economic centers located within the study area shall be identified and vectored on the GIS model. The horizontal alignment should detour from the core of the economic center, crossing its influence area instead. (OGLESBY, 1975). This approach aims to comply with the public urgency for access to central areas while lowering the expropriation costs.

Figure 2 represents the model of influence areas for central business districts (CBDs), proposed by the United States Federal Highway Administration (FHWA). This model divides the influence area around the CBDs in rings with external diameters of 3, 16, 40 and 72 km, based on rates of traffic attraction observed for each ring (FHWA *apud* OGBLESY, 1975). Because ring 2 is the area outside of the business center with the biggest traffic attraction (30 %), it must be chosen as the influence area of the economic center (FHWA *apud* OGBLESY, 1975).

Figure 2 – Representation of the ring model. Source: FHWA *apud* Ogblesy (1975)



By importing Google Earth images to the GIS model, it is possible to obtain the georeferenced location of each economic center along the study area. Then, the ArcGIS buffer tool must be used to vector the influence area of ring 2, representing the locations of preference for highway construction.

Development zones

The development zones are identified based on the city zoning guidelines along the study area. Development zones are those areas with the priority of occupation by infrastructure systems. If the city lacks a georeferenced database of their zoning plan,

the development zones shall be directly vectored in the GIS model. The coordinates of the development zones must be collected from Google Earth.

3.7 Field research

The field research is held employing an interview with highway engineering specialists, such as project managers, engineers, technicians, and faculty members. The main objective is to acknowledge the specialists' sight over the influence of the previously analyzed data on the final decision. The research counts with a questionnaire made of the two following questions:

1) Based on the Likert scale from 1 to 5 as well as the description of the land cover classes, please rankthe classes of land cover according to its suitability for highway construction.
2) Through pairwise comparison, assign the importance of the first indicator compared to the second one by assigning weights from the Saaty Scale.

Finally, it is necessary to determine a reasonable sample size. Based on studies conducted by Guest, Bunce & Johnson (2006), when the interviewees present a homogenous profile (e.g. engineers from the same industry), a sample size of six specialists may be enough to draw relevant interpretations. They also revealed that sample saturation occurs after the twelfth respondent, and new interviews may be redundant, causing no effect on the observed variables. Therefore, this methodology considers a sample size ranging from six to twelve specialists.

3.8 Multicriteria analysis and weights attainment

After obtaining the answered questionnaires, an AHP analysis is held to generate the relative weights for each criterion. According to Costa *et al*. (2014), the weights assigned by the specialists must be distributed into decision matrices as shown in table 1.

Table 1 - Relative weights located at the decision matrix

	Criterion 1	Criterion 2	Criterion 3	…	Criterion n
Criterion1	1	a_{12}	a_{13}	…	a_{1n}
Criterion2	$1/a_{12}$	1	a_{23}	…	a_{2n}
Criterion3	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1	…	a_{3n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Criterionn	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	$1/a_{3n}$	…	1
Total	$\sum_{i=1}^{n} a_{i1}$	$\sum_{i=1}^{n} a_{i2}$	$\sum_{i=1}^{n} a_{i3}$	…	$\sum_{i=1}^{n} a_{in}$

Where: A: decision matrix; n: order of the decision matrix; a_{ij}: relative weight of criterion i over criterion j; $a_{ii} = 1$, representing the comparison of a criterion with itself.

The next step is to normalize the relative weights. The normalization process is conducted by dividing each relative weight by the sum of the values at its same column, as shown by equation 1.

$$N_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \quad \forall\,(i,j) \in \{1,n\} \qquad (1)$$

Where: Nij: normalized value of the relative weight; i: corresponds to the line index of the relative weight aij; j: corresponds to the column index of the relative weight aij

The last step is the eigenvector calculation, which represents the relative weight of each criterion in the final decision. The eigenvector is the average of the normalized weights on the same line of the decision matrix, as shown in equation 2. The sum of the values in the eigenvector equals 1.

$$\vec{e} = [e_i]_{1,n} \rightarrow e_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} N_{ij} \quad \forall\,(i,j) \in \{1,n\} \qquad (2)$$

This procedure is adopted for all questionnaires, resulting in eigenvectors related to each specialist. Lastly, a final eigenvector is produced by calculating the average of the values corresponding to each criterion of each specialist's eigenvector. Therefore, the final eigenvector reflects the opinion of all specialists.

3.9 Suitability map

Using the weights from the AHP analysis, a suitability map is created for the study area, indicating the places of highest interest for the highway construction. The ArcGIS weighted overlay tool supports the creation of the suitability map in three steps (ESRI, 2017).

The first step depends on the definition of absolute weights for the classes of each criterion. In this methodology, the absolute weights are assigned on a scale from 1 to 6. The value of 1 represents high interest for the roadway construction, while 6 represents low-interest areas. Following the information presented in section 3.6, the absolute weight for the classes of terrain slope, soil type, economic centers, and development zones, are expressed in table 2.

The literature review does not present any consideration of the level of interest for the classes of land cover. Thus, the absolute weights associated with land cover shall be obtained during the field research. As the possible responses for land cover questions vary from 1 to 5, equation 3 shall be usedto normalize these values to a scale from 1 to 6.

Table 2 - Absolute weights based on the literature review

Criterion	Criterion Classes	Absolute Weight
Terrain Slope	0 %-3 %	1
	3 % - 8 %	2
	8 % - 20 %	3
	20 % - 45 %	4
	45 % - 75 %	5
	>75 %	6
Soil Type	Sand with coarse and gravel particles	1
	Fine sand	2
	Sand	3
	Silty or clayey sand	4
	Silt	5
	Clay	6
Economic Center	Economic Center	1
	Other Areas	6
Development Zone	Development Zone	1
	Other Areas	6

$$w'_{abs} = (Max' - Min') \times \frac{w_{abs} - Min}{Max - Min} + Min' \quad (3)$$

Where:w'_{abs} = absolute weight in the desired scale; w_{abs} = average of the absolute weights obtained from the field research; Max' = maximum value in the desired scale; Max = maximum valueadopted in the field research; Min' = minimum value in the desired scale; Max = minimum value adopted in the field research.

The second step is to assign the relative weights obtained via AHP analysis in the GIS model. These weights establish the relevance of each criterion in the final decision by multiplying the values expressed in table 3.

The last step is the unification of layers of all analyzed criteria. This task is achieved by summing up the values assigned to the pixels of each criterion's layer, multiplied by their relative weights. Equation 4 represents the calculation held by the weighted overlay tool for each pixel of the suitability map. Thus, regions with lower values are more suitable to receive highway alignments.

$$suitability = \sum_{i=1}^{n} [criterion\ i] \times e_i \quad (4)$$

4.0 Automatic generation of the alignment

The last stage of the methodology is the automatic generation of the roadway alignment. This goal is achieved using two ArcGIS tools: cost distance and cost path. Through the suitability map, thecost distance tool creates a raster in which the pixels receive a value representing the least cumulative cost of travel in-between pixels (ESRI, 2007). The resulting layer allows ArcGIS to recognize the bestlink between the origin and destination points. Finally, the cost path tool generates the horizontal alignment based on the results from the cost distance layer.

4. RESULTS

The proposed methodology was applied in the stretch of the BR101 highway

between the citiesof Macaé and São João da Barra, at north Rio de Janeiro State. This section was chosen due to the logistic importance for the oil exploration carried out in the Campos Basin, a national pole in the production of the commodity. The results are shown in the following sections.

4.1 Delimitation of the study area

The influence area of the physical and biological realms is delimited by both the Macaé/Ostras basin, and part of the Low Paraíba do Sul basin. The cities located in this area are Rio das Ostras, Macaé, Nova Friburgo, Trajano de Morais, Conceição de Macabú, Carapebus, Quissamã, Santa MariaMadalena, Campos dos Goytacazes and São João da Barra. Within this region, there are environmentalreserves, rivers, and streams subject to alterations due to the road operation and the industrial growth of the region. Nowadays, the rivers provide water in good conditions for public supply and shelter forliving species (CONCREMAT & ARTERIS, 2013; ICMBIO, 2010).

The IIA of the socioeconomic realm was defined by the cities of Campos dos Goytacazes, Carapebus, Casimiro de Abreu, Conceição de Macabú, Macaé, Quissamã, Rio das Ostras e São João da Barra. These cities were chosen because they are heavily influenced by oil exploitation, which leverages their attraction for new companies, payment of royalty taxes, migration, and job opportunities (SEBRAE, 2015).

4.2 Creating the gis model

GIS modeling started with the delimitation of the study area and the assignment of origin and destination points. The shapefiles of city limits and sub-basin boundaries were collected from both the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2016) and the Brazilian National Water Agency (ANA, 2016), respectively. The coordinates of the origin and destination points are obtained through Google Earth.

4.3 Identification of the exclusion areas

In this stage, the GIS model had areas excluded or assigned as low-interest based on the legislation valid in the Brazilian territory. The identification of environmentally protected areas was carried out with databases provided by official

agencies. The protected regions located in the study area are highlighted in Figure 3.a, and their descriptions are presented in the following sections.

The units of nature conservation must be excluded from the GIS model, since they are intended to preserve the diversity of natural ecosystems, to protect water resources and geomorphological resources, and to maintain natural landscapes (BRAZIL, 2000). The shapefile of conservation units produced by the Brazilian Environmental Ministry (BRAZIL, 2017) displays four units of conservation within the study area: the Biological Reserve of the Union, the Restinga National Park of Jurubatiba, the Lagoa do Desengano State Park and the State Park of the Açu.

The ethnical lands considered in this study are those belonging to indigenous groups and African-Brazilian communities. In both cases, the Brazilian legislation extinguishes the construction of roads within a 10km radius from the boundaries of ethnical lands (BRAZIL, 2011b). Therefore, anyarea inside this radius was excluded from the GIS model. The National Indigenous Foundation provides the shapefile used for the identification of indigenous lands, which showcases the absence of indigenous territories in the study area (FUNAI, 2017). As for the African-Brazilian areas, the National Institute of Colonization and Agrarian Reform (INCRA), presents the catalog of African-Brazilian lands (BRAZIL, 2015). The geographic location of the Machadinha community was obtained using Google Earth. Finally, the community was vectored in the GIS model.

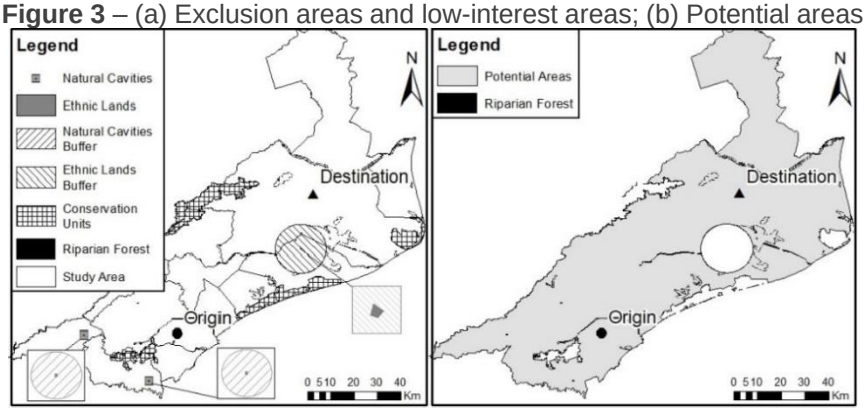
The Brazilian legislation determines that natural caves are Union properties, which shall not betrespassed by any construction. The minimum offset between the roads and natural caves is 250 meters (BRAZIL, 2004). The database provided by the Chico Mendes Institute of Biodiversity Conservation (ICMBIO, 2017), shows two caves inside the study area: the Gruta da Pedra cave and the Gruta de São João cave.

Finally, the riparian forests are located at the margins of four water bodies: Macaé River, Macabú River, Paraíba do Sul River and Lake Feia. Therefore, riparian forests were addressed as low- interest areas. The alignment shall minimize the transposition of these zones, to guarantee the environmental preservation of the study area.

4.4 Potential areas

After deleting the exclusion areas from the GIS model, the map of potential areas was generated, as shown in figure 3.b. This map indicates proper places for highway construction, without the occurrence of any legal restriction.

Figure 3 – (a) Exclusion areas and low-interest areas; (b) Potential areas



(a) (b)

4.5 Analysis criteria and data collection

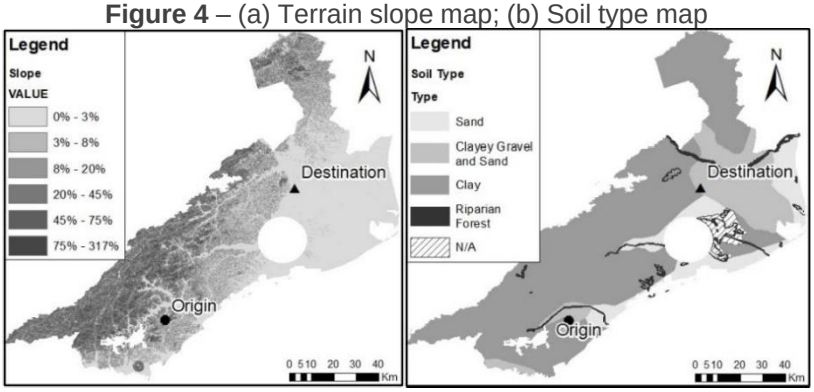
Terrain Slope

The slope map in figure 4.a shows a variation from 0 % to 317 % on the percent slope. The areas of highest percent slope are concentrated in the cities of Nova Friburgo, Conceição de Macabú, and Santa Maria Madalena. On the other hand, the level areas are located at Quissamã, Campos dos Goytacazes e São João da Barra.

Soil Type

The study area is mainly composed of clayey soil. The exceptions happen in the margins of the Macabú river, with the presence of sandy material, and in the borders of the Macaé and Paraíba do Sul rivers, with a clayey-sandy material. Figure 4.b presents the soil types map.

Figure 4 – (a) Terrain slope map; (b) Soil type map



(a) (b)

Economic Centers

As observed during the identification of the socioeconomic realm, the main economic centers located in the study area are the Cabúnas industrial pole, as well as the Açu and Imbetiba ports. These centers count with most of the oil exploitation industries in the study area. In Quissamã, it was possible to identify three business zones, by consulting the city's Master Plan and the zoning map of the municipal territory. These areas need good access conditions to outflow their production since they concentrate most of the industrial activities of Quissamã. Finally, the economic centers and their influence areas were manually vectored in the GIS model. Thus, Figure 5.a. shows the map of economic centers.

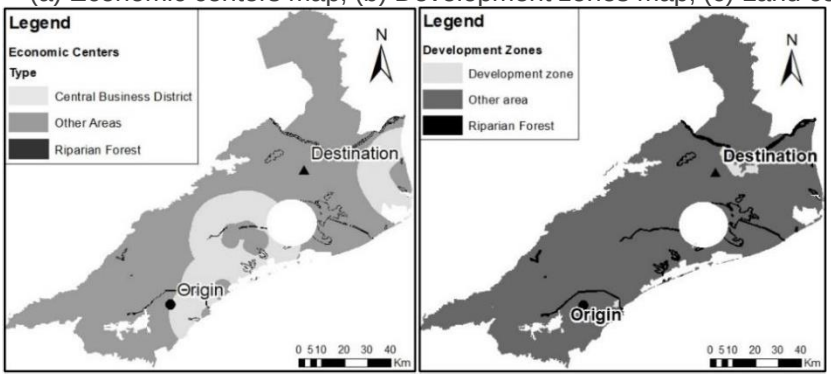
Development zones

Many cities in the study area lack a master plan. A possible cause for this scenario is that these cities have less than twenty thousand citizens, which according to the Brazilian Ministry of Cities, exempts them from developing such planning documentations. This situation represented a challenge to the identification of development zones. The cities that have a master plan are Casimiro de Abreu, Campos dos Goytacazes, Nova Friburgo, Macaé, Quissamã, and São João da Barra. The development zones identified in these cities are the Virgem Santa district, in Macaé; the Carmo District, in Quissamã; and the urban expansion zone in Campos dos Goytacazes (figure 5.b).

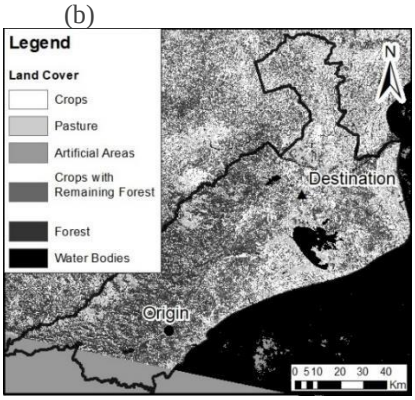
Land Cover

The land cover map presented in figure 5.c indicates a large forest area between the cities of Nova Friburgo and Campos dos Goytacazes, next to the upper boundary of the study area. The artificialareas observed are located in the cities of Macaé and Campos dos Goytacazes.

Figure 5 – (a) Economic centers map; (b) Development zones map; (c) Land cover map



(b) (b)



(c)

4.6 Field research

The field research was applied through digital questionnaires developed via Google Forms. The group of respondents was composed by university professors, highway engineers, project managers and researchers. Table 3 presents the pairwise comparison of the second question. Table 4 shows the responses of the six specialists to the first question, as well as the normalized weights of each land cover class, and the mean of the normalized weights.

Table 3 - Pairwise comparison matrices of the six specialists

Specialist 1					
Criteria	Terrain slope	Soil type	Land cover	Economic center	Development zone
Terrain slope	1	1/5	1	1/5	1/5
Soil type	5	1	5	1	1
Land cover	1	1/5	1	1/5	1/5
Economic center	5	1	5	1	1
Development zone	5	1	5	1	1
Specialist 2					
Criteria	Terrain slope	Soil type	Land cover	Economic center	Development zone
Terrain slope	1	1	3	1/3	1/3
Soil type	1	1	7	1/7	1/7
Land cover	1/3	1/7	1	1/7	1/7
Economic center	3	7	7	1	1
Development zone	3	7	7	1	1
Specialist 3					
Criteria	Terrain slope	Soil type	Land cover	Economic center	Development zone
Terrain slope	1	1/3	1/3	3	3
Soil type	3	1	1	3	3
Land cover	3	1	1	1	1
Economic center	1/3	1/3	1	1	3
Development zone	1/3	1/3	1	1/3	1
Specialist 4					
Criteria	Terrain slope	Soil type	Land cover	Economic center	Development zone
Terrain slope	1	3	1	1/3	1/3
Soil type	1/3	1	3	1	1
Land cover	1	1/3	1	1/3	1/3
Economic center	3	1	3	1	1
Development zone	3	1	3	1	1
Specialist 5					
Criteria	Terrain slope	Soil type	Land cover	Economic center	Development zone
Terrain slope	1	1	1	1	1
Soil type	1	1	1	1	1
Land cover	1	1	1	1	1
Economic center	1	1	1	1	1
Development zone	1	1	1	1	1
Specialist 6					
Criteria	Terrain slope	Soil type	Land cover	Economic center	Development zone
Terrain slope	1	1	3	1/5	1/5
Soil type	1	1	3	1/5	1/5
Land cover	1/3	1/3	1	1/3	1/3
Economic center	5	5	3	1	1
Development zone	5	5	3	1	1

Table 4 - Absolute weights of the land cover classes according to each specialist

Land cover	Spc.1	Spc.2	Spc.3	Spc.4	Spc.5	Spc.6	w'1	w'2	w'3	w'4	w'5	w'6	Mean (w')
Artificial areas	1	5	3	4	5	4	1.00	6.00	3.50	4.75	6.00	4.75	4.333
Crops	1	1	2	2	1	2	1.00	1.00	2.25	2.25	1.00	2.25	1.625
Pasture	4	1	4	2	1	1	4.75	1.00	4.75	2.25	1.00	1.00	2.458
Crops with remaining forest	4	2	3	3	1	3	4.75	2.25	3.50	3.50	1.00	3.50	3.083
Forrest	4	2	3	3	1	4	4.75	2.25	3.50	3.50	1.00	4.75	3.291
Water bodies	2	5	2	4	3	4	2.25	6.00	2.25	4.75	3.50	4.75	3.916

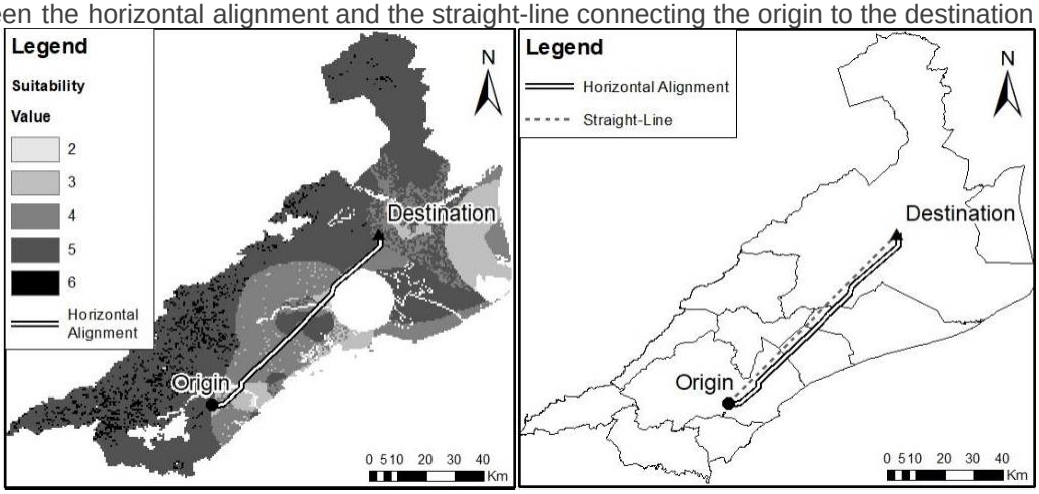
4.7 Multicriteria analysis and weights attainment

The AHP analysis was conducted using scripts written in the Python programming language. The decision matrix normalization and the eigenvector calculation were made through equations 1 and 2, respectively. After applying the AHP for all specialists, the final eigenvector was obtained through the arithmetic average of all individual vectors. Thus, the relative weights obtained for each criterion were 14 % for the terrain slope, 21 % for the soil type, 12 % for the land cover, 27% for the economiccenters, and 26 % for the development zones.

4.8 Suitability map and automatic generation of the alignment

In this step, the ArcGIS weighted overlay tool was used to build the suitability map. Both the relative weights from the AHP analysis and the absolute weights from table 4 were used to accomplish this task. Afterward, the alignment was automatically created by cost distance and cost path tools, as shown by figure 6.a. Furthermore, figure 6.b displays a comparison between the final alignment and a straight path connecting the origin and destination points.

Figure 6 – (a) Horizontal alignment automatically generated in the GIS model; (b) Comparison between the horizontal alignment and the straight-line connecting the origin to the destination point.



(a) (b)

5. DISCUSSION

The results from the model indicate that the alignment met the priorities established by the suitability map, since 88 % of its length crosses areas of weights 3 or 4, while only 12 % crosses areas of weight 5. Furthermore, all areas of weight equal to 6 were rejected by the alignment, as they carry technical disadvantages to the installation of the highway. It was also observed that all exclusion areas were avoided by the alignment, which indicates that the model respected the environmental constraints slated by the Brazilian legislation.

According to figure 6.b, the alignment had slight deviations from the straight-line connecting origin and destination. These deviations seek the best areas for the installation of the road while avoiding the exclusion areas. Thus, the final alignment prioritizes the passage through the influence area of economic centers, level terrain, and favorable geotechnics.

The riparian forests in the margins of the Macaé and Macabu rivers were transposed by the horizontal alignment. The transposition was necessary to allow the passage of the roadway through the areas of influence of the economic centers, as well as the areas that present sandy soil.

The alignment was effective at transposing the influence areas of all economic centers in the study area. However, it also crossed the core of the business zone of Quissamã, which corresponds to a low-interest area. This fact happened because the criteria of economic centers and soil type received similar values of relative weights

(27 % and 21 % respectively). Due to the occurrence of a strip of sandysoil from the Quissamã's business district to the destination point, the model decided to pass through this region. Therefore, the construction might undergo an initial increase in costs due to possible expropriations at this location. However, these expenditures can be amortized in the long term by the reduction of maintenance costs of the pavement at this segment of the road.

6. CONCLUSIONS AND PROPOSITIONS

During the analysis of the results, it was observed that the model prioritized areas of high suitability, such as sandy soils and level terrain, avoiding the highway construction through the exclusion areas. This procedure complies with the proposed methodology, and, therefore, matches withthe literature review carried out. Thus, the results indicate that the AHP analysis generated satisfactory relative weights and that the multicriteria analysis method suits the horizontal alignment planning of highways.

Moreover, GIS has shown great value as a tool to support highway planning, as all the priorities established during the case study were followed correctly by the software. Therefore, the horizontal alignment generated through GIS modeling is consistent with the propositions presented in the methodology. Finally, it is possible to conclude that the objectives established by this work were successfully achieved, and the application of the methodology for the development of horizontal alignments is valid as a tool to assist highway planning.

As a recommendation for future studies, we suggest the implementation of design parameters during the automated generation of the alignment. ArcGIS enables the establishment of analyzes in an integrated way with Python programming language, which allows the assignment of technical characteristics to the highway alignment through programming scripts. Therefore, formulas for maximum ramps, minimum radius, and stopping sight distance can be incorporated into the planning process, which perfects the resulting alignment.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

REFERENCES

ANA. Units of Water Planning. Subdivision of watersheds characterized by homogeneity of geomorphological and hydrological factors. Brasília: National Water Agency. Available at <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Accessed at: November 13, 2017.

BRAZIL. **Law Nº 9.985, from 18 July 2000**. Establishes the National System of Conservation Units.Brasília: Union Official Diary. 2000.

BRAZIL. **Resolution Nº. 347, from 10 September 2004**. Protection of the speleological patrimony. Brasília: Union Official Diary. 2004.

BRAZIL. **Decree Nº 420, from 26 October 2011**. Procedures of the Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA) on regulating and licensing federal highways. Brasília: Union Official Diary. 2011a.

BRAZIL. **Decree Nº 419, from 26 October 2011**. Regulates the action of public administration agencies on environmental licensing, based on the article 14 of Law Nº 11.516, from 28 August 2007.Brasília: Union Official Diary. 2011b.

BRAZIL. **Certifications issued for the African Brazilian Communities updated until Law Nº 84, from 8 June 2015**. 2015. Available at: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/quilombolas/comunidades-certificadas/comunidades_certificadas_08-06-15.pdf>. Accessed at: November 16, 2017.

BRAZIL. Units of Conservation (all). **Geographic database download**. Brasília: Brazilian Environment Ministry. 2017. Available at: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Accessed at: November 12, 2017.

CONCREMAT, & ARTERIS. Environmental Impact Report - Highway BR-101 Duplication: Licensing Process: IBAMA process n. 2001.004285/11-34. Rio de Janeiro: CONCREMAT & ARTERIS. 2013.

Costa, J.J, Lima, T.J.B.; Meza, E.B.M; & Tammela, I. Uso do método AHP clássico para auxiliar na escolha de um novo curso superior em um campus da UFF no interior. In X Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Rio de Janeiro. 2014, **Anais Eletrônicos...** Rio de Janeiro: Inovarse. 2014. p. 1-12. Available at: < https://www.inovarse.org/filebrowser/download/7621>. Accessed at: November 30, 2017.

DNER. Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (1st ed., Vol. 1). Rio de Janeiro: Ministériodos Transportes. 1999.

Effat, H. A., & Hassam, O. A. Designing and evaluation of three alternatives highway routes using theAnalytical Hierarchy Process and the least-cost path analysis, application in Sinai Peninsula, Egypt. **The Egyptian Journal of Remote Sensing**

and Space Science, Cairo, v. 16, n. 2, p. 141-151. Dez. 2013. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrs.2013.08.001.

EMBRAPA. Brazilian topography. **SRTM images**. 2017. Available at: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/>. Accessed at: November 30, 2017.

ESRI. How weighted overlay works. 2017. Available at: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-weighted-overlay-works.htm>. Accessed at: November 30, 2017.

ESRI. Understanding Cost Distance Analysis. 2007. Available at: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?topicname=Understanding_cost_distance_analysis>. Accessed at December 9, 2017.

FUNAI. **Metadata: Indigenous Lands**. 2017. Available at: <http://www.funai.gov.br/index.php/shape>. Accessed at: November 11, 2017.

Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. How Many Interviews Are Enough? An Experiment with Data Saturation and Variability. **Field Methods**. Newbury Park, California, v. 18, n. 1, p. 59-82. Fev. 2006. http://dx.doi.org/10.1177/1525822X05279903.

Helmann, K.S., & Marçal, R.F.M. Multiple Criteria Method to Maintenance Management Decision Support: Application of Electre I Method to Process Critic Equipments Election. **Revista Gestão Industrial**. Curitiba, Paraná, v. 3, n. 1, p.123-134. 2007. http://dx.doi.org/10.3895/S1808- 04482007000100011.

IBGE. Brazil: Municipal net. **Geographic Database**. 2016. Available at: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa219385>. Accessed at: October 17, 2017.

ICMBIO. National register of speleological information. 2017. Available at: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>. Accessed at November 11, 2017.

ICMBIO. National Action Plan for the Conservation of Aquatic Species of the Paraíba do Sul River Basin. 2010. Available at: <http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/plano-de-acao-nacional- lista/146-pan-paraiba-do-sul>. Accessed at: November 16, 2017.

INPE. Landsat 8 images. **Catalog of images**. 2018. Available at: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>.Accessed at: March 15, 2018.

Lopes, E. **Determinação de Diretrizes de Traçado Geométrico de Obras Lineares Utilizando Análise Multicritério**. Federal University of Santa Catarina. Santa Catarina, Brazil. 2015.

Oglesby, C. **Highway Engineering**. 3rd ed., v. 1. New York. John Wiley & Sons Inc.

Penido, L.; Kux, H.; Mattos, J. (1998). Aplicação de Técnicas de Sensoriamento

Remoto e GIS comosubsídio ao planejamento rodoviário. Estudo de Caso: Trecho Oeste do Rodoanel Metropolitano de São Paulo, Brasil. In Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1998. Santos. **Anais Eletrônicos...** Santos: INPE Available at: <http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.15.59/doc/7_159p.pdf>. Accessed at. September 10, 2017.

Saaty, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**. v.1, i.1, p. 83-98. 2008. http://dx.doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590.

SEBRAE. Painel Regional: Norte Fluminense – Observatório SEBRAE/RJ. Rio de Janeiro: SEBRAE.2015a. Available at: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RJ/Anexos/Sebrae_INFREG_2014_Norte.pdf>. Accessed at: November 18, 2017.

Singh, M. P.; Singh, P. Multi-criteria GIS modeling for optimum route alignment planning in outer region of Allahabad City, India. **Arabian Journal of Geosciences**. v. 10, n. 13, p. 1-16. 2017. http://dx.doi.org/10.1007/s12517-017-3076-z .

Weber, E.; Heinrich, H.; Nodari, F.; Reichmann, N. Análise de Alternativas de Traçado de uma Estrada Utilizando Rotinas de Apoio à Decisão em SIG. In: GIS Brazil 98 - Congress for Geoprocessing Users4, 1998, Curitiba: UFRGS. **Anais Eletrônicos...** p.1-13. 1998.

CAPÍTULO 05

OTIMIZAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADO UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR

Wlisses Matos Maciel
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia/Irrigação e Drenagem pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE/Campus Umirim - R. CarlosAntônio Sales, s/n - Floresta, Umirim - CE, Brasil, 62.660-000
E-mail: wlisses@ifce.edu.br

João Carlos Cury Saad
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia/Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/FCA/Campus Botucatu - Av. Universitária, 3780, Alto Paraíso, Botucatu – São Paulo, Brasil, 18.610-034
E-mail: joaosaad@fca.unesp.br

RESUMO: Neste trabalho desenvolveu-se um modelo de Programação Linear (PL) visando minimização do custo anual da rede hidráulica de um sistema de irrigação por micro aspersão e operacionais, em uma área de 8,16 ha. A função objetiva do modelo foi a minimização dos custos fixos, relativos aos equipamentos de irrigação e operacionais relativos a energia elétrica. O problema de otimização foi solucionado utilizando-software GAMS/CPLEX. O sistema foi dividido em doze unidades operacionais e foram avaliados diferentes combinações de diâmetros de tubulações. O menor custo anual foi obtido no modelo de PL. de US$ 1.501,03 $ha^{-1}.ano^{-1}$, valor este 7,65 % menor que os encontrados no projeto do especialista, que foi de US$ 1.615,90 ha^{-1}.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação localizada; Modelos matemáticos; Planejamento; Recursos hídricos.

ABSTRACT: In this work, a Linear Programming (PL) model was developed aiming at minimizing the annual cost of the hydraulic network of a micro sprinkler and operational irrigation system in an area of 8.16 ha. The objective function of the model was to minimize the fixed costs related to irrigation and operational equipment related to electric energy. The optimization problem was solved using GAMS/CPLEX software. The system was divided into twelve operating units and different combinations of pipe diameters were evaluated. The lowest annual cost was obtained in the PL model. of US$ 1,501.03 $ha^{-1}.yr^{-1}$, a value that is 7.65 % lower than those found in the specialist project, which was US$ 1,615.90 $ha^{-1}.yr^{-1}$.

KEYWORDS: Localized irrigation; Mathematical models; Water resources; Planning.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada tem sido uma estratégia importante para otimizar a produção global de alimentos, gerando desenvolvimento sustentável no campo, empregos e renda (MANTOVANI *et al.,* 2009; FREITAS 2019).

No Nordeste do Brasil, onde a maioria dos sistemas de irrigação em operação não foi implementada com base em um projeto adequado, segundo TELLES (1999), o uso da água na agricultura se agrava em razão de que não é ainda feita, de forma ampla, a cobrança pela utilização derecursos hídricos. Para regiões com deficiências hídricas, como é o caso do Nordeste, o combate às causas de desperdício, a utilização de métodos de menor consumo e de inovações tecnológicas, associadas à cobrança pela utilização da água, permitirão a racionalização do seu uso na agricultura e reduções consideráveis em seu consumo. A necessidade de incremento na eficiência do uso de água está claramente definida pela crise alimentar e pela escassez dos recursos hídricos (DELAVAR *et al.,* 2012, NOORY *et al.*, 2012, DANTAS NETO & FARIAS, 2013 ALARCÓN 2014, MONTEIRO 2014 e ASHOFTEH 2015).

A primeira aplicação da PL em problemas de operação determinística de reservatório foi feita em data anterior ao ano de 1962, sendo usada para um problema simplificado de redes de distribuição de água (SIMONOVIC, 1992). Segundo SAAD (2002), a PL é a técnica de Pesquisa Operacional mais utilizada nos problemas de otimização, dada a sua versatilidade e o fato de aplicar fundamentos matemáticos pouco sofisticados, ou seja, a análise e resolução de sistemas de equações lineares. A teoria da PL pode ser encontrada em textos de pesquisa operacional citados por LIMA & LANNA (2005) e FANG *et al.* (2011).

Modelos de PL visando a otimização de rede hidráulica de sistemas de irrigação fixos pressurizados (aspersão, microaspersão e gotejamento) e não pressurizados, tem como objetivo a minimização do custo da tubulação e acessórios, foram apresentados por ORON & KARMELI (1981); BERMANI & OFEN (1984); SAAD (2002); ZERIHUN *et al.* (2014a,b); ARIF. A. ANWAR (2016a,b); SINGH (2016); ASGARI (2016) e MOOSAVIAN (2017).

Diversos pesquisadores desenvolveram estudos para o dimensionamento dos sistemas de irrigação e difundiram novas aplicações de técnicas matemáticas e computacionais. Embora a hidráulica desses sistemas esteja bem compreendida, muitos trabalhos têm, como foco principal, este aspecto, entre os quais: LUCENA *et*

al. (2006), VILLA *et al.* (2012) e SAYED-HOSSEIN *et al.* (2015). Outros trabalhos enfocam a importância da análise econômica dos investimentos, com dois principais objetivos: (a) a minimização dos custos de investimento e operacionais (b) maximização dos benefícios. Dentre essas análises destacam-se os trabalhos de HOLZAPFEL *et al.* (1990); SAAD & MARIÑO (2002); DELGADO *et al.* (2012); PAUTA *et al.* (2013); SABOUNI *et al.* (2013); MONTEIRO (2014); SINGH (2014a,b); SANTOS JÚNIOR *et al.* (2014 e 2015); ARIF. A. ANWAR(2017) e HASHEMY SHAHDANY (2017).

Este trabalho busca avaliar o uso do modelo de PL para otimização dos custos fixos do dimensionamento de sistemas de irrigação localizada do tipo microaspersão e operacionais, tendo como metas: desenvolver modelo capaz de delimitar a configuração do dimensionamento ótima do sistema de irrigação localizada, sob o enfoque de minimização de custos fixos de implantação e operação.

2. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFIA

A PL tem sido amplamente utilizada na prática. Muitas situações práticas podem ser representadas por modelos desse tipo; também é comum encontrarmos esses modelos representando subproblemas de casos mais complexos. Embora tais modelos já tivessem sido propostos há mais tempo, o ano 1947 foi um marco na área de otimização, quando o método Simplex foi publicado, seguindo-se intensas pesquisas de novos métodos e implantações eficientes e aplicações em diversas áreas, tais como agricultura, planejamento de produção industrial, logística, telecomunicações, finanças e muitas outras. Outro marco importante ocorreu em 1984, com a publicação de um método de PontosInteiro, ao qual também sugiram-se intensas pesquisas. Os métodos do tipo simplex e do tipo pontos inteiros são, atualmente, as principais ferramentas computacionais para a resolução de problemas de otimização linear.

A primeira aplicação da PL em problemas de operação determinística de reservatório foi feita em data anterior ao ano de 1962, sendo usada para um problema simplificado de redes de distribuição de água (DORFMAN, 1962; SIMONOVIC, 1992; ALMEIDA, 2001). Segundo Saad (2002) a PL é a técnica de Pesquisa Operacional mais utilizada nos problemas de otimização, dada a sua versatilidade e o fato de aplicar fundamentos matemáticos pouco sofisticados, ou seja, a análise e resolução

de sistemas de equações lineares (LANZER, 1988). A teoria da PL pode ser encontrada em textos de pesquisa operacional tais como Wagner (1970) e Luenberger (1973) e Braga Jr. (1987), citados por Lima e Lanna (2005) e Fang *et al.* (2011).

A PL pode auxiliar na tomada de decisões em diversas áreas, como na agricultura (MAINIÉ 1969; CAVALCANTE 2019; CENCI 2019). Valencia (1975) desenvolveu um modelo de PL para o planejamento da operação de um Distrito de Irrigação São Domingos, Baixa Califórnia no México. Autran (1978) fez o planejamento no Perímetro Irrigado de Morada Nova – CE, no Brasil, através da PL e Matanga e Mariño (1979) otimizaram a irrigação de três culturas, em Davis na Califórnia, nos Estados Unidos.

Modelos de PL visando a otimização de rede hidráulica de sistemas de irrigação fixos pressurizados (aspersão, microaspersão e gotejamento), tem como objetivo a minimização do custo da tubulação e acessórios, foram apresentados por Oron e Karmeli (1981); Bermani e Ofen (1984) e Saad (2002).

Saad *et al.* (1994) utilizando modelos de PL para irrigação por gotejamento em um pomarde citros, demostraram que o dimensionamento da rede hidráulica pode ser modificado quando se considera o custo da energia consumida na operação do sistema.

Pesquisadores desenvolveram um modelo de PL separável, para estudar a a locação de água de irrigação no Projeto Senador Nilo Coelho, localizado em Petrolina – PE, com o objetivo de maximizar a receita líquida. Assumiu-se que as funções de produção água-cultura disponíveis representavam adequadamente as relações água-produção. Tais funções, não lineares, foram incorporadas ao modelo de PL, que considera um conjunto de fatores técnicos que influenciam a rentabilidade do projeto de irrigação. As funções não lineares foram aproximadas por funções lineares por partes, possibilitando a utilização do método Simplex para a solução. Explicitaram-se restrições na disponibilidade de água, de área e de mercado (FRIZZONE *et al.,*1997).

Muitos pesquisadores têm se voltado para esse tema, considerando a aplicaram a técnica de PL para a maximização da receita líquida em diversos projetos e perímetros irrigados como: Acer (1990) em Guairá, SP; Dantas Neto *et al.* (1997) no Senador Nilo Coelho, PE; Rodrigues *et al*. (2000); Carvalho *et al*. (2000) no Gorutuba, MG; Curi *et al.* (2005) no semi-árido, PB; Santos *et al.* (2009) no Baixo Acaraú, CE; Tavares *et al*. (2011) no Agreste, PE; Delgado *et al.* (2012) no Campos dos Goytacazes, RJ.

Saad e Mariño (2002) desenvolveram um modelo de PL para dimensionamento do sistema de irrigação localizada em área de declividade elevada. Uma vez que as linhas de derivação estão na direção da declividade, elas são dispostas em declive e dimensionadas com um ou mais diâmetros a fim de manter a variação de carga hidráulica entre duas linhas laterais quaisquer dentro do limite de variação que asseguram a uniformidade de emissão desejada.

Na minimização dos custos em projetos de irrigação (rede hidráulica) o uso da PL apresenta vantagens, dentre os quais se destacam: trabalhar com variável discreta (diâmetros comerciais); relatórios detalhados com diversos dados para suporte de decisões (análise de sensibilidade); e a simplicidade na utilização de programas computacionais específicos para resolução de equações lineares. Segundo Saad (2002) “a solução ótima, quando existente, é sempre um ótimo global, ou seja,dentro do universo de possibilidades previstas pelo modelo, não há solução melhor do que aquela fornecida”.

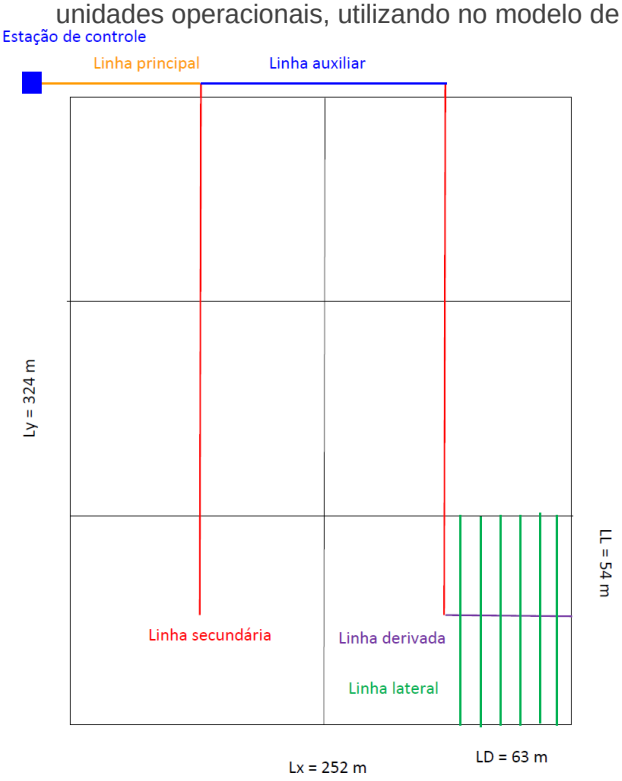
O desenvolvimento de modelos matemáticos para gerar programas de otimização para a agricultura tem recebido a atenção de muitos pesquisadores (CRISTANCHO, 1965; MAGALHÃES, 1971, WU e LIANG, 1972, ARAÚJO, 1972; PANAGIDES, 1973; BALARINE, 1975; HUANG *et al.*, 1975; SUGAI, 1976; TRAVA *et al.,* 1977; TSAKIRIS e KIOUNTOUZIS, 1982; YARON e BRESSLER, 1983; HATCH *et al.*, 1985; TSAI *et al.,* 1987; BERNEDINI, 1988; BOMAN *et al.*, 1989; MANNOCHI e MECARELLI, 1994; FRIZZONE, 1996; MAINUDDIN *et al.*, 1997; SANTOS JONIOR, 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Assume-se na formulação dos modelos que: (1) a área de 81.648 m^2, a ser irrigada, é retangular (Lx= 252 m e Ly = 324 m), em nível e o sistema é composto por uma linha principal, uma auxiliar, duas secundárias, doze derivações e laterais para o modelo PL (Figura 1); (2) as linhas lateraissão polietileno e as outras são PVC; (3) o sistema é dividido em 12 unidades operacionais (UO); (4) o sistema será dimensionado com duas unidades operacionais funcionando simultaneamente (UOS); (5)o comprimento e a largura da área irrigada devem ser múltiplos da distância entre os pontos de emissão na linha lateral e da distância entre as linhas laterais; (6) a unidade é composta de linha de derivação, linhas laterais, emissores e válvula; (7)

volume disponível 33,12 $m^3.h^{-1}$; (8) a taxa de evapotranspiração diária máxima da cultura é constante do mês de maior demanda (5,97 $mm.dia^{-1}$); (9) serão simulados 245 dias de irrigação.

FIGURA 1 – Ilustração do "*Lay-out*" de um sistema de irrigação por microaspersão contendo 12 unidades operacionais, utilizando no modelo de PL



3.1 Formulação do modelo de programação linear pl

a) Função objetivo

A função-objetivo a ser minimizada é o custo anual do sistema de irrigação, calculado por:

$$MIN\ CT = \frac{10000[(Ce + Cpe + Cpvc + Cv + Cpc + Cf + Cp)FRC + Cpp]}{A} \quad (1)$$

em que *CT* = custo anual do sistema de irrigação (US$.$ha^{-1}$); *Ce* = custo total com emissores (US$); *Cpe* = custo da tubulação de polietileno (US$); *Cpvc* = custo com tubulação de PVC (US$); *Cv* = custocom válvulas (US$); *Cpc* = custo com painel de controle (US$); *Cf* = custo do sistema de filtragem (US$); *Cp* = custo do sistema de bombeamento (US$); *FRC* = fator de recuperação de capital (*i* = 12 % aa, *n* = 10 anos); *Cpp* = custo anual de bombeamento (US$) e *A* = área total a ser irrigada (m^2).

Os componentes da função-objetivo são estimados utilizando as seguintes equações:

$$Ce = Ns.Nl.Nm.Pm \quad (2)$$

$$Cpe = Ns.Nl.LL.Ppe \quad (3)$$

$$Cpvc = Ns.\sum_{J=1}^{J}\sum_{I=1}^{I} PDi.LDji + 2.\sum_{K=1}^{K}\sum_{R=1}^{R} PSr.LSkr + \sum_{K=1}^{K}\sum_{R=1}^{R} PAr.LAkr + \sum_{K=1}^{K}\sum_{V=1}^{V} PPv.LPkv \quad (4)$$

$$Cv = Ns.Pv \quad (5)$$

$$Cpp = \frac{10{,}787.Quo.Ns.ht.Id.Ik.E}{If.\eta} \quad (6)$$

em que: *Ns* = número de unidade operacionais; *Nl* = número de linhas laterais na unidade operacional; *Nm* = número de microaspersores na linha lateral; *Pm* = preço do microaspersor (US$.unidade^{-1}); *LL* =comprimento da linha lateral (m); *Ppe* = preço do tubo de polietileno (US$.m^{-1}); *PDi* = preço do tubo de PVC com o diâmetro *i* utilizado na linha de derivação (US$.m^{-1}); *LDji* = comprimento (m) da tubulação de PVC com diâmetro *i* na seção *j* da linha de derivação; *PSr* = preço do tubo de PVC com diâmetro *r* utilizado na linha secundária (US$.m^{-1}); *LSkr* = comprimento (m) da tubulação de PVC com diâmetro *r* utilizado na seção *k* da linha secundária; *PAr* = preço do tubo de PVC com diâmetro *r* utilizado na linha auxiliar (US$.m^{-1}); *LAkr* = comprimento (m) da tubulação de PVC com diâmetro *r* utilizado na seção *k* da linha auxiliar; *PPv* = preço do tubo de PVC com diâmetro *v* utilizado na linha principal (US$.m^{-1}); *LPkv* = comprimento (m) da tubulação de PVC com diâmetro *v* utilizado na seção*k* da linha principal; *Pv* = preço da válvula (US$.unidade^{-1}); *Quo* = vazão da unidade operacional (m^3.s-^{1}); *ht* = altura manométrica total (m); *Id* = número de dias de irrigação durante o ciclo da cultura; *Ih* = número de horas de irrigação por conjunto de unidades operacionais atuando simultaneamente; *If* = turno de irrigação (dias); *E* = tarifa de energia elétrica (US$.kWh^{-1}); e η = rendimento do conjunto motobomba.

Uma vez que há duas linhas secundárias (uma na auxiliar e outra na principal), o fator 2 é utilizado no segundo termo do lado direito da Eq. 4. As variáveis de decisão

são: LDji, LSkr, LAkr, LPkv e altura manométrica total (ht).

b) Restrições

1) Área

Tais restrições são necessárias para assegurar que o sistema de irrigação a ser dimensionado tenha as dimensões coerentes com o "*lay-out*" previamente definido. Para a seção 1 (*j*=1) da linha de derivação:

$$\sum_{I=1}^{I} LD_{1i} = 0{,}5.EL \tag{7}$$

A distância entre o início da linha de derivação e o primeiro emissor é igual à metade do espaçamento regular entre emissores, razão pela qual se utiliza o fator 0,5 na Eq. 7. Para as seções *j* = 2 a *J* da linha de derivação:

$$\sum_{I=1}^{I} LDji = EL \tag{8}$$

Para as linha secundárias *k* =1 a *K* da linha secundária:

$$\sum_{R=1}^{R} LSkr = Sk \tag{9}$$

Para as seções *k* =1 a *K* da linha auxiliar:

$$\sum_{R=1}^{R} LAkr = Ak \tag{10}$$

Para as seções *k* =1 a *K* da linha principal:

$$\sum_{V=1}^{V} LPkv = Pk \tag{11}$$

em que: *EL* = distância entre linhas laterais (m); *LD* = comprimento da seção *j* da linha derivada (m); *Sk* = comprimento da seção *k* da linha secundária (m); *Ak* = comprimento da seção *k* da linha auxiliar (m); *Pk* = comprimento da seção *k* da linha principal (m).

2) Dimensionamento da linha de derivação

A linha de derivação é dimensionada supondo-se que ela sempre esteja

operando totalmente em declive, sendo que o modelo permite dimensionar todos os possíveis perfis I e II de pressão que podem ocorrer nessas condições.

Todos os perfis de pressão são detalhados por WU *et al.* (1986) e representados no modelo pelo seguinte conjunto de equações:

$$HDo - HDj \leq \Delta d \qquad j = 1, \dots, J \tag{12}$$

$$HDj - HDo \leq \Delta d \qquad j = 1, \dots, J \tag{13}$$

$$HDg - HDj \leq \Delta d \qquad j = 1, \dots J; g = 1, \dots, J; e\ g \neq j \tag{14}$$

em que *HDo* = carga hidráulica no início da linha de derivação (m); *HDj* = carga hidráulica na saída *j* da linha de derivação (m); *HDg* = carga hidráulica na saída *g* da linha de derivação (m); e Δ*d* = máxima variação da carga hidráulica permitida na linha de derivação (m).

A carga hidráulica média na linha de derivação é calculada por:

$$Hav = \frac{\sum_{j=1}^{J} HD_j}{\left(\frac{J+1}{2}\right)} \tag{15}$$

em que: *HDj* = carga hidráulica na linha derivada; *Hav* = carga hidráulica média na linha de derivação(m).

3) Carga hidráulica nas saídas da linha de derivação

A carga hidráulica na entrada da linha lateral é calculada por (KELLER & BLIESNER, 1990):

$$Hw = kl + kl.hfl \pm 0{,}5.\Delta El \tag{16}$$

em que *Hw* = carga hidráulica na entrada da linha lateral média (m); *hw* = pressão de operação do emissor (m); *kl* = 0,75 para linha laterais com diâmetro único; 0,63 para linhas laterais com dois diâmetros e 0,5 para linha com 3 ou mais diâmetros (KARMELI & KELLER, 1975); *hfl* = perda de carga na linha lateral (m); *ΔEl* = diferença de nível (m) entre o início e o final da linha lateral, sendo positivo para laterais em aclive e negativo para laterais em declive.

A carga hidráulica no início da linha de derivação pode ser calculada pela seguinte equação:

$$HDo = kb + kb.hfm \pm 0{,}5.\Delta Em \quad (17)$$

em que *kb* = 0,75 para linhas de derivação com diâmetro único; 0,63 para linhas laterais com dois diâmetros e 0,5 para linha com 3 ou mais diâmetros; *hfm* = perda de carga na linha de derivação (m); *ΔEm* = diferença de nível (m) entre o início e o final da linha lateral, sendo positivo para laterais em aclive e negativo para laterais em declive.

A perda de carga total por atrito na linha de derivação (*hfm*), em metros, é calculada por:

$$hfm = 1{,}05 \sum_{J=1}^{J} \sum_{J=1}^{J} JDji.LDji \quad (18)$$

em que *JDji* = gradiente de perda de carga (m.m^{-1}) na tubulação de PVC com diâmetro *i* utilizado na seção *j* da linha de derivação; e 1,05 = fator utilizado para compensar as perdas de carga localizadas.

A carga hidráulica na entrada da unidade operacional, antes da válvula, é calculada por:

$$Huo = HDo + Hv \quad (19)$$

em que *Huo* = carga hidráulica na entrada da unidade operacional (m); e *Hv* = perda de carga na válvula(m).

O modelo assume que as linhas laterais tem um único diâmetro e estão em nível. Desta forma, *k* = 0,75 e *ΔEl* = 0 na Eq. 18. Por outro lado, o processo de otimização vai gerar, na grande maioria dos casos, linhas de derivação com dois diâmetros, o que implica em *kb* = 0,63.

Substituindo-se as Eqs. 15, 16 e 17 na Eq. 19, tem-se:

$$Huo = 0{,}75.hfl + hw + Hv + 0{,}6615 \sum_{i=1}^{I} JDji\,.LDji - 0{,}5LD.dz \quad (20)$$

em que *dz* = gradiente de declive (m.m^{-1}) na linha de derivação; e *LD* = comprimento da linha dederivação (m).

A carga hidráulica nas saídas da linha de derivação é estimada por:

Para *j* = 1:

$$HD_1 = HDo - 1{,}05 \sum_{i=1}^{I} JD_1 i . LD_1 i + 0{,}5 . EL . dz \quad (21)$$

Para *j* = 2 a *J*:

$$HD_J = HD_{J-1} - 1{,}05 \sum_{i=1}^{I} JD_1 i . LD_1 i + 0{,}5 . EL . dz \quad (22)$$

4) Dimensionamento das linhas secundárias

As linhas secundárias são dimensionadas em função da pressão requerida na entrada da unidade operacional (*Huo*) e da pressão disponível na saída da linhas auxiliar (*Hk1*) ou principal (*Hk2*). Para *k* = 1 a *K*:

$$1{,}05 \sum_{r=1}^{R} JS_{kr} . LS_{kr} \geq Hk1 - Huo \quad (23)$$

em que *JSkr* = gradiente de perda de carga, em m.m^{-1}, no tubo de PVC com diâmetro *r* utilizado na linha secundária *k*.

5) Carga hidráulica nas saídas das linhas auxiliar e principal

A carga hidráulica no início e nas saídas da linha auxiliar é calculada por:

$$Ha = H1 - H2 \quad (24)$$

Para *k* =1 a *K*:

$$Ha = H1 - A . dz - 1{,}05 \sum_{r=1}^{R} JA_{KR} . LA_{KR} \quad (25)$$

em que *Ha* = carga hidráulica na entrada da linha auxiliar (m); *Hk* = carga hidráulica na saída *k* da linha auxiliar (m); e *JAkr* = gradiente de perda de carga (m.m^{-1}) no tubo com diâmetro *r* utilizado na seção *k* da linha auxiliar.

A carga hidráulica no início e nas saídas da linha principal é calculada por:

$$Ho = ht - Hes - Hs \quad (26)$$

Para *k* =1 a *K*:

$$H_p = H_0 - P.dz - 1{,}05 \sum_{v=1}^{V} JP_{KV}.LP_{KV} \quad (27)$$

em que *Hp* = carga hidráulica na entrada da linha principal (m); *ht* = altura manométrica total (m); *Hes* = perda de carga na estação de controle (m); *Hs* = altura de secção (m); *Hk* = carga hidráulica na saída *k* da linha principal (m); e *JPkv* = gradiente de perda de carga ($m.m^{-1}$) no tubo com diâmetro *v* utilizadona seção *k* da linha principal.

6) Altura manométrica total

A altura manométrica total (*ht*) é igual à pressão total requerida para atender a unidade operacional que opera em condições mais críticas. O modelo assume que o fluxo de água da fonte paraas unidades operacionais é feita em condições em aclive. Desta forma, a condição mais crítica é quando se irá suprir a unidade operacional mais distante.

$$ht = Huo + 1{,}05 \left(\sum_{r=1}^{R} JS_{kr}.LS_{kr} + \sum_{i=1}^{K} JA_{KR}.LA_{KR} + \sum_{v=1}^{V} JPkv.LPkv\right) + (LD + LA + LP).dz + Hes + Hs \quad (28)$$

em que *LD* = comprimento da linha de derivação (m); *LA* = comprimento da linha auxiliar (m); e *LP* =comprimento da linha principal (m).

Na avaliação do modelo de PL utilizado, comparou-se os resultados por ele obtido com aqueles provenientes do modelo dimensionado por uma empresa especialista na área de irrigação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do modelo de PL indicou para a linha de distribuição um trecho inicial de 45 m com diâmetro de 0,075 m e outro trecho de 18 m com 0,050 m de diâmetro, totalizando 63 m. Na linha secundária, um diâmetro único de 0,075 m para um trecho de 270 m. Já para as linhas auxiliar e principal encontrou-se um diâmetro de 0,075 e 0,100 m, para trechos de 126 e 63 m, respectivamente, resultado similar encontrado no modelo desenvolvido pelo especialista.

SAAD *et al.* (1994) desenvolveram um modelo de PL visando minimização do

custo anualda rede hidráulica de um sistema de irrigação em um pomar de citros no Estado de São Paulo. Os resultados dos dimensionamentos realizados, o hidráulico-energético foi o mais econômico (custo total de US$ 2.426,80 ha^{-1}), seguido pelo hidráulico (US$ 2.429,64 ha^{-1}) e pelo calculado por especialista (US$ 3.355,78 ha^{-1}).

Dos componentes do sistema os que mais afetam o custo total são, em termos médios e com relação aos custos fixos, os emissores representando 12,57 %, as linhas laterais de PE com 17,49 %, linhas de PVC com 19,45 %, cavaletes e válvulas de controle com 23,47 %, motobomba 10,94 %, painel de controle 12,57 % e o sistema de filtragem 3,95 %, para o modelo de PL e 16,31 %; 14,68 %; 26,11 %; 16,36 %; 15,98 %; 6,45 % e 4,06 %, respectivamente para o modelo do especialista.

Na Tabela 1 tem-se um resumo dos dados de saída para os modelos de PL e do especialista para minimização dos custos anual do sistema de irrigação por microaspersão e operacionais. Verifica-se um custo total no modelo PL de US$ 1.501,03 $ha^{-1}.ano^{-1}$, valor este 7,65 % menor que os encontrados no modelo do especialista que foi de US$ 1.615,90 $ha^{-1}.ano^{-1}$. Para o custo com energia no modelo PLde US$ 1.093,39 $ha^{-1}.ano^{-1}$, valor este 7,43 % menor que os encontrados no modelo do especialista, que foi de US$ 1.174,63 $ha^{-1}.ano^{-1}$. Já para o custo com o sistema de irrigação no modelo PL de US$ 407,63$ha^{-1}.ano^{-1}$, valor este 8,25 % menor que os encontrados no modelo do especialista, que foi de US$ 441,27 $ha^{-1}.ano^{-1}$.

TABELA 1 – Dados de saída dos modelos de PL e do Especialista para minimização dos custos fixos do sistema de irrigaçãopor microaspersão e operacionais em US$.$ha^{-1}$.

Item	Modelo PL	Modelo do especialista
Emissores	3.289,44	3.318,88
Linha lateral de PE	2.280,96	2.986,57
Linhas de PVC	3.659,04	5.311,11
Cavalete e válvulas de controle	4.413,60	3.328,46
Motobomba	2.056,40	3.251,26
Painel de controle	2.363,38	1.315,13
Sistema de filtragem	743,11	826,50
Custo do sistema de irrigação (US$)	**18.805,93**	**20.337,91**
Custo da energia (US$.$ano^{-1}$)	**8.919,19**	**9.590,69**
Custo do sistema de irrigação (US$.$ha^{-1}.ano^{-1}$) (A)	**407,63**	**441,27**
Custo da energia (US$.$ha^{-1}.ano^{-1}$) (B)	**1.093,39**	**1.174,63**
Custo total (US$.$ha^{-1}.ano^{-1}$) (A+B)	**1.501,03**	**1.615,90**

Fonte: Os Autores.

5. CONCLUSÕES

O modelo de PL desenvolvido pode ser aplicado com adequação para a análise e dimensionamento de sistemas de irrigação localizado. A obtenção do sistema de custo ótimo depende de uma análise conjunta dos custos de implantação, operação e outros fatores operacionais, como a definição das unidades, vazão, dentre outros.

O menor custo anual de implantação do sistema de irrigação e operação foi obtido com o modelo de PL, com o valor de US$ 1.501,03 $ha^{-1}.ano^{-1}$, já o modelo do especialista obteve um valor de US$ 1.615,90 $ha^{-1}.ano^{-1}$. Verificou-se uma diferença de 7,65 % entre os modelos testados.

REFERÊNCIAS

ALARCÓN, J.; GORRIDO, A.; JUANA, L.M. Optimal Water Allocation in Shortage Situations as Applied to an Irrigation Community. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.140, n.3 p.393-406, 2014.

ARIF.A.ANWAR, P. E.; BHATTI, M. T.; VRIES, T. T. Modern Canal Operations Planner. I: Maximizing Delivery Performance Ratio. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.142, n.12 p.494-515, 2016a.

ARIF.A.ANWAR, P. E.; BHATTI, M. T.; VRIES, T. T. Modern Canal Operations Planner. II: Minimizing Inequity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.142, n.12 p.516-529, 2016b.

ARIF.A.ANWAR, P. E.; VRIES, T. T. Sequential Irrigation Scheduling Avoiding Night Irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.143, n.7 p.386-397, 2017.

ASHOFTEH, P. S.; HADDAD, O. B.; ALASHTI, H. A.; MARIÑO, M. A. Determination of Irrigation Allocation Policy under Climate Change by Genetic Programming. **Journal of Irrigation andDrainage Engineering**, v.141, n.4 p.479-493, 2015.

ASGARI, H. R.; HADDAD, O. B.; PAZOKI, M. Weed Optimization Algorithm for Optimal Reservoir Operation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.142, n.2 p.512-525, 2016.

CAVALCANTE, D. M.; SANTOS, E. dos S. Utilização da programação linear para maximização dos lucros da produção de pães em uma empresa de panificação / Use of linear programming to maximizethe profits of bread production in a baking company. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba – PR, v. 5, n. 12, p. 28501-28511, dec, 2019.

CENCI, V. R. de S. Otimização de receita de uma escola de idiomas através do uso da programação linear / Recovery optimization of a language school through the use of linear programming. **BrazilianJournal of Development**, Curitiba – PR, v. 5, n. 12, p. 30773-30783 dec, 2019.

ČISTÝ, M.; BAJTEK, Z.; BECOVÁ, A. Irrigation network design and reconstruction and its analysis by simulation model. **Journal of Civil Engineering**. V.09, Issue 1, 2014.

DELAVAR, M.; MOGHADASI, M.; MORID, S. Time Model for Optimal Water Allocation in Irrigation Systems during Droughts. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.138, n.6 p.517-524, 2012.

DELGADO, A. R. S. et al. Planejamento da agricultura irrigada no norte fluminense, utilizando diferentes técnicas de programação matemática. **Rev. Ele. Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento.** Rio de Janeiro, v. 4, n. 3, p. 249-256, 2012.

FANG, H.; CHENG, Y.; YAN, S. Optimization on Water Resource System Operation

Policy During Drought. **Journal of Water Resource and Protection**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 140-146, 2011.

FREITAS, M. A. de S. Gestão e modelagem hídrica em bacia hidrográfica do semiárido brasileiro / Water modeling and management in the catchment area of the brazilian semi-arid region. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba – PR, v. 5, p. 8344-8351 jul, 2019.

HASHEMY SHAHDANY, S. M.; HASAMI, Y.; MAJIDI, Y.; MAESTRE, J.M. Modern Operation of Main Irrigation Canals Suffering from Water Scarcity Based on an Economic Perspective. **Journal ofIrrigation and Drainage Engineering**, v.143, n.3 p.562-578, 2017.

HOLZAPFEL, E.A.; MARINO, M.A.; VALENZUELA, A. Drip irrigation nonlinear optimization model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. New York, 116(4):479-96, 1990.

LIMA, H. V. C., LANNA, A. E. L. Modelos para operação de sistemas de reservatórios: atualizaçãodo estado da arte. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.10, n. 3, p.5-22, 2005.

LUCENA, K. F. M.; GALVÃO, C. O.; GOMES, H. P. Dimensionamento de sistemas de microirrigação através de programação não linear considerando-se diferentes demandas hídricas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v.10, n. 2, p. 252-260, 2006.

MAINIÉ, P. Cálculo económico en agricultura; aplicacion de los programas lineals y de juegos. Zaragoza: Acribia, 1969. 192p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação:** princípios e métodos. 3. ed.atual. e ampl. Viçosa, UFV. 2009. 355p.

MONTEIRO, R. N. F. **Modelo de programação não-linear para otimização do padrão de cultivo e retorno financeiro em áreas irrigadas** 74 p. Tese (Doutorado em agronomia: Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

MOOSAVIAN, N. Multilinear Method for Hydraulic Analysis of Pipe Networks. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.143, n.8 p.562-575, 2017.

NOORY, H.; LIAGHAT, A. M.; PANSINEJAD, M.; HADDAD, O.B. Optimizing Irrigation Water Allocation and Multicrop Planning Using Discrete PSO Algorithm. **Journal of Irrigation andDrainage Engineering**, v.138, n.5 p.437-444, 2012.

ORON, G. & KARMELI, D. Solid set irrigation system design using linear programming. **Water Resources Bulletin**, Urbana, 17(4):565-70, 1981.

PAUTA, C.M. L.; GARCÍA, R. P. Diseño óptimo de sistemas de riego a presión aplicación en casos (Ecuador). **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**, v.4 (1), p.49-65, 2013.

SAAD, J. C. C.; TOMAZELA, C.; PERES, J. G.; PERES, F. C.; FRIZZONE, J. A. Otimização de um sistema de irrigação por gotejamento utilizando programação linear. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasilia, v.29, n.5, p.797-805. 1994.

SAAD, J.C.C. **Modelos de programação linear e não linear para otimização do dimensionamento e operação de sistemas de irrigação localizada**. 2002. 129f. Tese (Livre-docência) - UNESP, Botucatu, 2002.

SAAD, J.C.C.; MARIÑO, M. A. Optimum desing of microirrigation systems in-sloping lands. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.128, n.2 p.116-124, 2002.

SABOUNI, S. M.; MARDANI, M. Application of Robust Optimization Approach for Agricultural Water Resource Management under Uncertainty. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.139, n.7 p.571-581, 2013.

SANTOS JÚNIOR, J. L. C dos; FRIZZONE, J. A.; PAZ, V. P. S. Otimização do uso da água no Perímetro Irrigado Formoso aplicando lâminas máximas de água. **Irriga**, v.19, p.196-206, 2014.

SANTOS JÚNIOR, J. L. C dos; FRIZZONE, J. A.; PAZ, V. P. S. Water use optimization through alternative water depths in the Formoso Irrigation District, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.19, n.7, p.621-626, 2015.

SAYED-HOSSEIN, S. M.; PETERS, R.T.; LAMM, F. R. Design of Zero Slope Microirrigation Laterals: Effect of the Friction Factor Variation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.141, n.10 p.541-453, 2015.

SIMONOVIC, S. Reservoir systems analysis: closing gap between theory and practice. **Journal WaterResources Planning and Management**, New York, v. 118, n. 3, p. 262-280, 1992.

SINGH, A. Simulation and Optimization Modeling for the Management of Groundwater Resources. I:Distinct Applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.140, n.4 p.474-488, 2014a.

SINGH, A. Simulation and Optimization Modeling for the Management of Groundwater Resources. II: Combined Applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.140, n.4 p.488-509,2014b.

SINGH, A.; PANDA, S. N. M.; SAXENA, C. K.; VERMA, C. L. Optimization Modeling for Conjunctive Use Planning of Surface Water and Groundwater for Irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.142, n.3 p.435-447, 2016.

VILLA, F. G.; PRATS, A. G. Using Location-Allocation Algorithms to Distribute Multioutlet Hydrants in Irrigation Networks Design. Journal of Irrigation and Drainaige Engineering, v.138, n.4 p.304-309, 2012.

ZERIHUN, D.; SANCHEZ, A. Simulation Field-Scale Sprinkler Irrigation System

Hydraulic Model. I: Hydraulic Characterization. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.140, n.7 p.553- 566, 2014a.

ZERIHUN, D.; SANCHEZ, A. Simulation Field-Scale Sprinkler Irrigation System Hydraulic Model. II: Hydraulic Simulation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.140, n.7 p.567-582, 2014b.

CAPÍTULO 06

MODELOS MOLECULARES CONFECCIONADOS EM PAPEL PARA ESTUDO DO CONTEÚDO DE ESTEREOQUÍMICA

Heriberto Rodrigues Bitencourt
Doutor em Química pela Universidade Federal do Pará
Instituição: Universidade Federal do Pará
Endereço: Rua Augusto Corrêa, 01 - Bairro - Guamá, Belém-PA.CEP: 66.075-110
E-mail: eriberto@ufpa.br

Heriberto da Costa Bitencourt
Aluno do Ensino Médio da Escola de Aplicação da UFPA
Instituição: Escola de Aplicação da UFPA
Endereço: Rua Augusto Corrêa, 01 - Bairro - Guamá, Belém-PA. CEP: 66.075-110
E-mail: hqcosta15@gmail.com

Andrey Moacir do Rosário Marinho
Doutor em Química Orgânica pela Universidade Federal de São Carlos
Instituição: Universidade Federal do Pará
Endereço: Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém – PA, Brasil. CEP: 66.075-110
E-mail: andrey@ufpa.br

Antônio Pedro da Silva Souza Filho
Doutor em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Instituição: Embrapa Amazônia Oriental
Endereço: Trav. Dr. Enéas Pinheiro, S/N. CEP: 66.085-100
E-mail: antonio-pedro.filho@embrapa.br

José Ciríaco Pinheiro
Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo
Instituição: Universidade Federal do Pará
Laboratório de Química Teórica e Computacional, Universidade Federal do Pará
Endereço: Rua Augusto Correa, 1, Guamá. CEP: 66.075-110
E-mail: ciriaco@ufpa.br

Maricelia Lopes dos Anjos
Mestra em Ciências Farmacêuticas - Universidade Federal do Pará
Instituição: Universidade Federal do Pará
Endereço: Rua Augusto Corrêa, 01 - Bairro - Guamá, Belém-PA.CEP: 66.075–110
E-mail: mariceliadosanjos@yahoo.com.br

Ossalin de Almeida
Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia - Universidade Federal do Pará
Instituição: Universidade Federal do Pará
Endereço: Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém–PA, Brasil. CEP: 66.075-110
E-mail: ossalin@gmail.com

Rômulo Augusto Feio Farias
Mestre em Farmacologia pela Universidade Federal do Ceará
Instituição: Universidade Federal do Pará
Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém–PA, Brasil. CEP: 66.075-110
E-mail: raff@ufpa.br

RESUMO: O estudo de estereoquímica tem grande dificuldade entre os alunos, principalmente pelo fato de ser abstrato, decorativo e fora de contexto, quando o aluno participa da aula confeccionando o seu próprio material didático com certeza haverá um melhor entendimento, com base nessa premissa, desenvolveu-se um modelo molecular confeccionado em papel e recortado com tesoura, para o entendimento do conteúdo de estereoquímica, tais como quiralidade, plano de simetria, enantiômero, diastereoisômero, meso-isômero, entre outros.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos moleculares de papel; Estereoquímica; Carbono assimétrico; Hibridização sp^3.

ABSTRACT: The study of stereochemistry has great difficulty among students, mainly because it is abstract, decorative and out of context, when the student participates in the class making his own didactic material, there will certainly be a better understanding, based on this premise, developed a molecular model made of paper and cut with scissors, to understand the stereochemistry content, such as chirality, symmetry plane, enentiomer, diastereoisomer, mesoisomer, among others.

KEYWORDS: Molecular models of paper; Stereochemistry; Asymmetric carbono; sp^3 hybridization.

1. INTRODUÇÃO

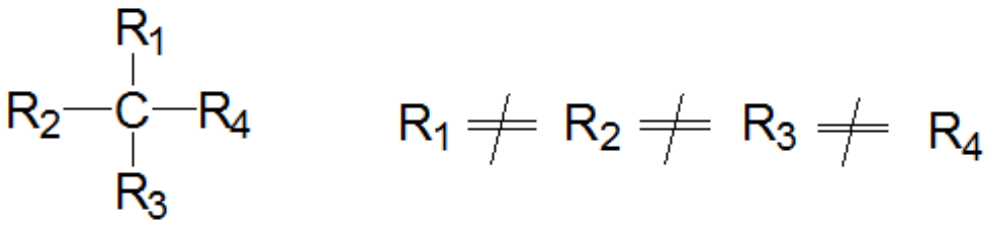
Uma aprendizagem é significativa quando uma nova informação adquire significado para o aprendiz através da ancoragem desta em aspectos relevantes de sua estrutura cognitiva preexistente. Caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o prévio. Para que a aprendizagem significativa ocorra três condições se fazem necessárias, disposição para o aprender, presença de conceitos relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz e material didático com significado lógico e psicológico (PRADO; VAZ; DE ALMEIDA, 2011).

A Química é uma ciência experimental, entretanto por fatores diversos tal abordagem é bastante restrita. Na Química Orgânica, o conteúdo abordado de esteroquímica é de grande importância, fazendo parte de livros ou capítulos de livros de Química Orgânica (SOLOMONS; FRYHLE; SNYDER, 2018). Sendo que vários conceitos devem ser apresentados aos alunos, tais como:

Aquiralidade (GAWLEY, 2005) de um objeto ou molécula, que pode ser relacionada a sua imagem no Espelho. Quando se coloca na frente de um espelho plano uma borracha, percebe que a imagem é uma borracha idêntica ao objeto. O mesmo acontece, por exemplo, com uma caneta ou lápis, eles são ditos aquirais. Entretanto, quando você coloca a mão direita na frente do espelho, a imagem será diferente, será igual a mão esquerda. O mesmo acontece com os pés, eles então são chamados de quirais. Isto é, a imagem especular (reflexo no espelho) não é idêntico ao objeto.

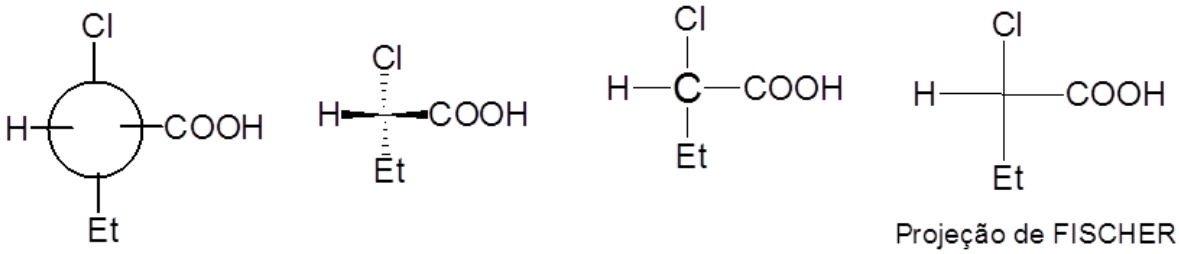
No caso do átomo de carbono, quando está ligado a 4 substituintes diferentes (carbono assimétrico; Figura 1), a molécula é dita quiral, e possui atividade ótica (SUH *et al*., 1997). Não tem plano de simetria, ou seja, é assimétrica e a sua imagem especular não é idêntica, isso deve-se à distribuição espacial dos átomos. Nesse caso, em um carbono com quatro substituintes diferentes existem apenas duas possibilidades, duas moléculas, objeto e imagem não superponíveis, eles são chamados de enantiômeros e guardam entre si uma relação de imagem especular não superponível, e são oticamente ativos, desviam o plano da luz polarizada, o que pode ser medido por um polarímetro (STARY; WOLDOW, 2001).

Figura 1 – Representação esquemática do carbono assimétrico ligado à 4 substituintes diferentes.



Uma vez que o carbono sp^3 possui a forma de um tetraédro, com ângulo entre as ligações de 109º28´, torna-se necessário o uso de fórmulas estruturais em perspectivas (HAUDRECHY, 2000), como a projeção de Fischer (ZHANG; ZHANG, 1999), em que as ligações na horizontal estão para frente e as verticais estão para trás (Figura 2).

Figura 2 – Representação de fórmulas estruturais em perspectivas do carbono assimétrico



A presença de carbono assimétrico não é suficiente para que a molécula seja quiral, é necessário que a molécula como um todo não possua plano de simetria. Plano que passa através de objetos, átomos, entre átomos ou ambos. Quando um objeto (molécula) possuir pelo menos um plano de simetria, ele irá produzir uma imagem especular igual ao objeto, portanto será aquiral, caso contrário quando não possuir plano de simetria o será quiral.

Como são possíveis apenas duas possibilidades, foi proposto pela IUPAC a nomenclatura R/S, que se baseia na prioridade dos átomos ligados diretamente ao carbono assimétrico, com base no seu número atômico, logo, tem-se uma molécula R e a outra S, o que se chama de configuração absoluta (MANDAL, 2000).

Quando a molécula possuir 2 carbonos assimétrico e esses dois carbonos forem diferentes, existe a possibilidade de 4 estereoisômeros, oticamente ativos, os isômeros são R/R e S/S, R/S e S/R, esses pares são chamados de enantiômeros, pois guardam entre si uma relação de imagem especular não superponível, já a relação

entre pares diferentes, R/R e R/S é chamada de diastereoisômero, pois não guardam uma relação de imagem especular, entre si (DURIEU *et al*., 2000).

Por outro lado, caso os 2 carbonos assimétricos sejam iguais, em vez de 4 estereoisômeros, R/R, S/S, R/S e S/R, tem-se apenas 3 esteroisômeros diferentes. Isso se deve ao fato de que os isômeros R/S e S/R, são na verdade a mesma molécula, tem plano de simetria, portanto, não tem atividade ótica, é oticamente inativo, é o chamado meso-composto (meso-isômero), os carbonos quirais iguais se compensam, compensação intramolecular. Na mistura racêmica, mistura equimolecular de dois enanciômeros, a compensação é intermolecular, também é oticamente inativa (WALSH; KOONTZ, 1997).

A quiralidade é muito importante, algumas enzimas só reconhecem um tipo de configuração (CENTELLES; IMPERIAL, 2005), têm substâncias que dependendo da configuração possuem características diferentes, como a Talidomida, (S= teratogênica; R= não teratogênica), Dopamina (S= anti-parkinsoniana; R= tóxica), Epinefrina (S= tóxica; R= hormônio), Limoneno (S= limão; R= laranja) e Asparagina (S= amargo, R= doce), entre outros (SOLOMONS; FRYHLE; SNYDER, 2018).

Modelos moleculares (BAKER; GEORGE; HARDING, 1998) são bastante utilizados em aulas de Química, visando um melhor entendimento dos conteúdos, diferentes modelos comerciais podem ser comprados pela internet, tais modelos são dispendioso uma vez que o preço é geralmente cotado em dólar, então a necessidade de modelos mais baratos e que possam ser feito pelos próprios alunos é muito importante. Como o modelo molecular de jujubas e palitos de dente, que foi utilizado no estudo de reagentes de reação em Estequiometria, em que cada cor de jujuba representa um átomo (CARVALHO; BULL, 2020). Os modelos moleculares das formas geométricas utilizando papel *canson, para* obter origamis com formatos de octaédro, hexaédro e tetraédro e materiais encontrados no dia-a-dia, como bolas de dois tamanhos diferentes, obtidos de desodorantes *rollon*, que simbolizam os átomos, hastes flexíveis sem algodão indicando as ligações e hastes com algodão indicando os pares de elétrons livres e canudos coloridos simbolizando a ligação dupla (SILVA; DE SOUZA; DE CARVALHO FILHO, 2017). Bolinhas inseridas em prolongamentos de metal (aço galvanizado ou cobre) dispostos em ângulos corretos para fixar as ligações com o uso de formas improvisadas. Neste modelo, as ligações foram representadas por tubos de plástico coloridos (hastes de cotonetes) (LIMA; LIMA-

NETO, 1999). Considerando essas dificuldades, o uso de modelos moleculares como ferramentas de aprendizado é promissor (DE FARIAS *et al*., 2014).

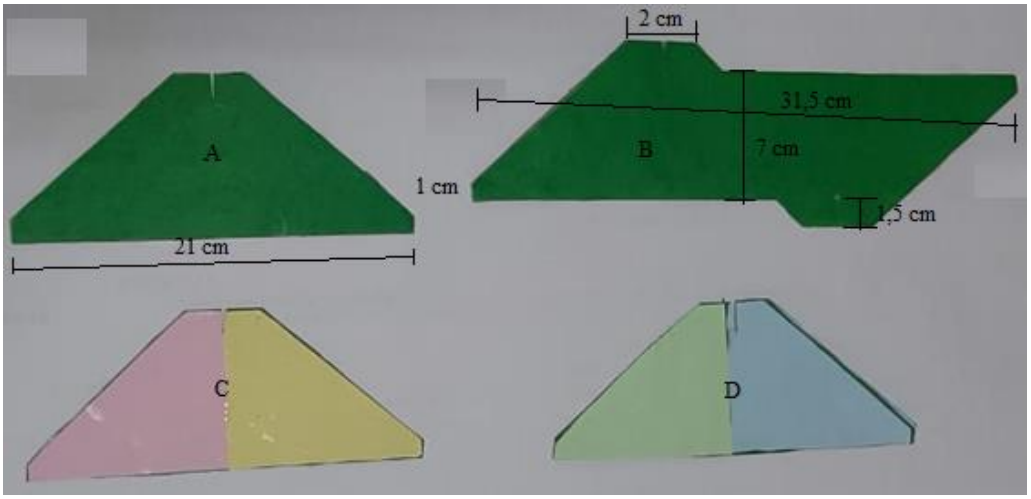
Deste modo, o uso de modelos moleculares possibilita uma melhor compreensão dos conteúdos que envolvem a estereoquímica, além de levar o aluno a entender melhor os conceitos envolvidos, correlacionando com o seu cotidiano. Diante do que foi apresentado, este trabalho teve por objetivo a construção de modelos moleculares de papel, para o melhor entendimento do conteúdo de estereoquímica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na construção dos modelos, foram utilizados papel cartão colorido (2 folhas de mesma cor), papel sulfite A4 colorido (4 folhas de cores diferentes), cola, régua (30 cm) e tesoura.

Para a confecção dos “carbonos” usa-se papel cartão (Figura 3), que pode ser recoberto com papel sulfite colorido e atribuindo-se a cada cor o nome do elemento químico ou grupo de átomos, de acordo com a “molécula” necessária. Devem-se seguir as medidas adotadas.

Figura 3 - modelos confeccionados com as medidas adotadas. A- modelo para 1 “carbono”, B- modelo para 2 “carbonos” e C e D- modelo para 1 carbono recoberto com papel sulfite colorido.

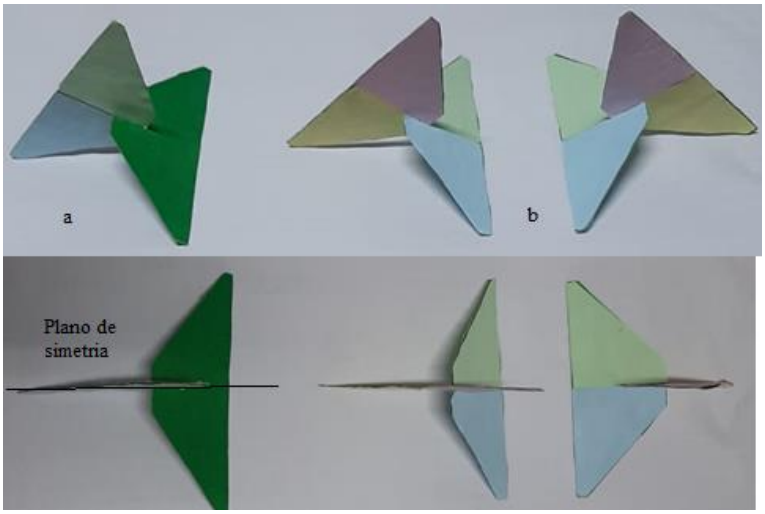


Fonte: Os Autores.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Com os modelos confeccionados (Figura 3) pode-se construir as “moléculas” necessárias. Com os modelos A, C e D em conjunto, pode-se construir “moléculas” simétricas e assimétricas. Na molécula simétrica, é possível traçar um plano de simetria (Figura 4a), enquanto que com a molécula assimétrica pode-se fazer o seu antípoda ótico, sua imagem especular não superponível, seu enantiômeros (Figura 4b).

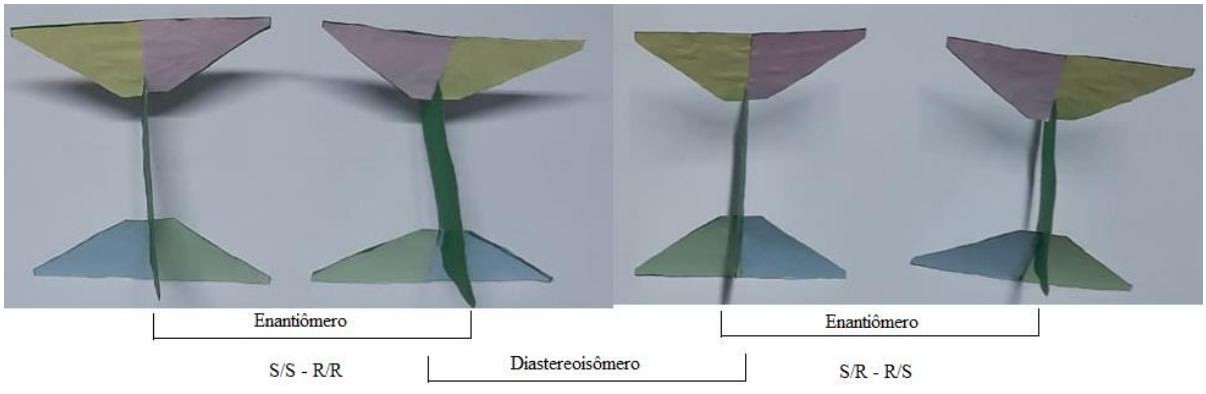
Figura 4 - a) molécula simétrica e b) molécula assimétrica



Fonte: Os Autores.

Utilizando o modelo de 2 carbonos (B) e os modelos C e D em conjunto, é possível construir “moléculas” com dois carbonos assimétricos diferentes, com isso pode-se demonstrar os 4 estereoisômeros possíveis, todos oticamente ativos (S/S - R/R e S/R- R/S), enantiômeros e diastereoisômeros (Figura 5).

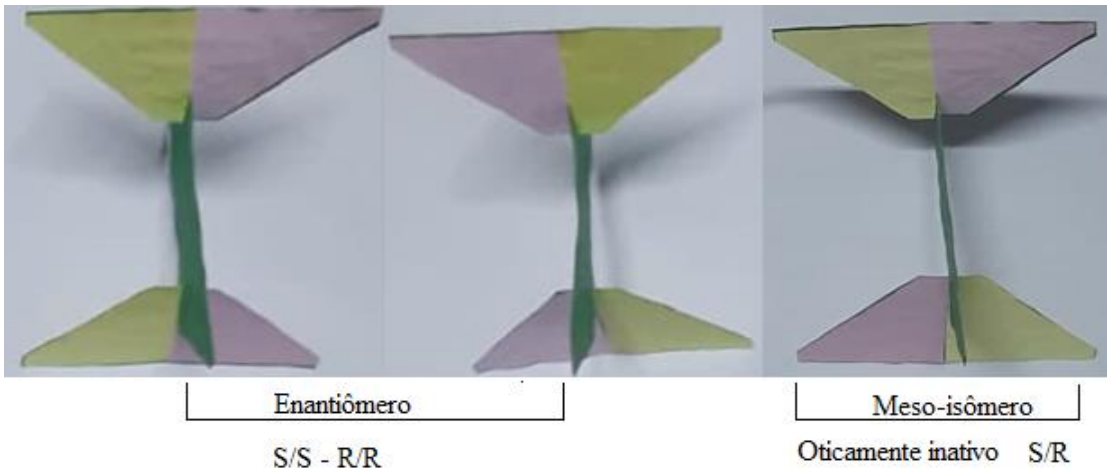
Figura 5 - “molécula” com dois carbonos assimétricos diferentes.



Fonte: Os Autores.

Com a utilização dos modelos B e C em conjunto, pode-se obter “moléculas” com 2 carbonos assimétricos iguais, com isso pode-se demonstrar os 3 esteroisômeros, os quais são, os enanciômeros, oticamente ativo, S/S - R/R, e o meso-isômero S/R, oticamente inativo (Figura 6).

Figura 6 - “molécula” com dois carbonos assimétricos iguais.



Fonte: Os Autores.

Estes modelos podem ser confeccionados com outro material, diferente do papel cartão e papel A4, mais colorido e menos flexível. Pode-se também, aplicar para moléculas com um maior número de carbono, como a própria glicose (STARKEY, 2000). É importante manter a relação das medidas, pois foram obtidas com base no modelo comercial.

4. CONCLUSÃO

A utilização destes modelos com certeza vai melhorar o entendimento dos conceitos de estereoquímica, não só pelo visual, mas também porque envolve o aluno na sua construção, com isso tornará a aula mais interessante e atrativa. Pode também escrever o elemento químico ou o grupo funcional, traçar linhas nas faces do papel indicando as ligações.

5. AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará, Embrapa Ocidental, Capes e CNPQ.

REFERÊNCIAS

BAKER, R. W.; GEORGE, A. V.; HARDING, M. M. Models and Molecules—A Workshop on Stereoisomers.J. Chem. Educ. v. 75, n. 7, p. 853-855, 1998.

CARVALHO, E. G.; BULL, E. S. O Uso De Modelos Moleculares E Da Experimentação Para O Ensino De Estequiometria / The Use Of Molecular Models And Experimentation For TeachingStoichiometry. Braz. J. of Develop. v. 6, n. 8, p. 61971-61986, 2020.

CENTELLES, J. J.; IMPERIAL, S. The Stereochemistry of Biochemical Molecules: A Subject To Revisit. J. Chem. Educ. v. 82, n. 1, p. 75-78, 2005.

DE FARIAS, F. M. C.; DEL-VECCHIO, R. R; CALDAS, F. R. R.; GOUVEIA-MATOS, J. A. M. Construção de um Modelo Molecular: Uma Abordagem Interdisciplinar Química-Matemática no Ensino Médio. Rev. Virtual Quim. v. 7, n. 3, p. 849-863, 2014.

DURIEU, V.; MARTIAT, G.; VANDERGETEN, M. C.; PIRSOUL, F.; TOUBEAU, F.; VAN, A. Enantiomeric and Diastereomeric Relationships: A Practical Approach. J. Chem. Educ. v. 77, n. 6, p. 752-753, 2000.

GAWLEY, R. E. Chirality Made Simple: A 1- and 2-Dimensional Introduction to Stereochemistry. J. Chem. Educ. v. 82, n. 7, p. 1009-1012, 2005.

HAUDRECHY, A.A Simple Method of Drawing Stereoisomers from Complicated Symmetrical Structures.J. Chem. Educ. v. 77, n. 7, p. 864-866, 2000.

LIMA, M. B.; LIMA-NETO, P. Construção De Modelos Para Ilustração De Estruturas Moleculares Em Aulas De Química. Quím. Nova. v. 22, n. 6, p. 903-906, 1999.

MANDAL, D. K. The R/S System: A New and Simple Approach to Determining Ligand Priority and a Unified Method for the Assignment and Correlation of Stereogenic Center Configuration in Diverse Stereoformulas. J. Chem. Educ. v. 77, n. 7, p. 866-869, 2000.

PRADO, C.; VAZI, D. R.; DE ALMEIDA, D. M. Teoria da Aprendizagem Significativa: elaboração e avaliação de aula virtual na plataforma Moodle. Rev Bras Enferm, Brasilia. v. 64, n. 6, p. 1114-21, 2011.

SILVA, T. S.; DE SOUZA, J. J. N.; DE CARVALHO FILHO, J. R. Construção De Modelos Moleculares Com Material Alternativo E Sua Aplicação Em Aulas De Química. EENCI. v.12, n. 2, p. 104-117, 2017.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B.; SNYDER, S. A. Química Orgânica. 12ª edição, Editora LTC. Rio de Janeiro. 2018.

STARKEY, R. SOS: A Mnemonic for the Stereochemistryof Glucose. J. Chem. Educ. v. 77, n. 6, p. 734, 2000.

STARY, F. E.; WOLDOW, N. Build a Simple Polarimeter.J. Chem. Educ. v. 78, n. 5, p. 644, 2001.

SUH, I.-H.; PARK, K. H.; JENSEN, W. P.; LEWIS, D. E. Molecules, Crystals, and Chirality.J. Chem. Educ. v. 74, n. 7, p. 800-805, 1997.

WALSH, T. D.; KOONTZ, C. S. Determination of the Enantiomeric Purity of Naproxen.J. Chem. Educ.. v. 74, n. 5, p. 585-586, 1997.

ZHANG, Q.-Z.; ZHANG, S.-S. A New Method To Convert the Fischer Projection of Monosaccharide to the Haworth Projection. J. Chem. Educ. v. 76, n. 6, p. 799-801, 1999.

CAPÍTULO 07

TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE DE ZIRCÔNIA PARA CIMENTAÇÃO: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Jéssyca Maria França de Oliveira Melo
MSc
Doutoranda em Clínica Integrada pela Universidade Federal de Pernambuco
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco
Endereço: Pós-graduação em Odontologia UFPE - Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária - Recife-PE. CEP: 52670-901. Brasil
E-mail: jessyca.fran@hotmail.com

Bruna de Carvalho Farias Vajgel
DDS, MSc
Doutora em Odontologia pela Universidade Federal de PernambucoInstituição: Universidade Federal de Pernambuco
Endereço: Pós-graduação em Odontologia UFPE - Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária - Recife-PE. CEP: 52670-901. Brasil
E-mail: bruna.farias@ufpe.br

Cátia Maria Fonseca Guerra
DDS, MSc
Professora Associado 4 do Curso de Odontologia da Universidade Federal de Pernambuco
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco
Endereço: Pós-graduação em Odontologia UFPE - Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária - Recife-PE. CEP: 52670-901. Brasil
E-mail: catiamfguerra@gmail.com

Ellen Cristine de Carvalho Siqueira
Cirurgiã-Dentista pela Universidade Federal de Pernambuco
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco
Endereço: Pós-graduação em Odontologia UFPE – Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária – Recife-PE. CEP: 52670-901. Brasil
E-mail: ellenccsiqueira@hotmail.com

Raquel Couto Galindo
Especialista em Prótese Dentária pelo Instituto Tavares Vieira
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco
Endereço: Pós-graduação em Odontologia UFPE – Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária – Recife-PE. CEP: 52670-901. Brasil
E-mail: raquel.cgalindo@gmail.com

RESUMO: As cerâmicas de zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio (Y-TZP) apresentam propriedades mecânicas como alta resistência e tenacidade à fratura superiores às das demais cerâmicas odontológicas. Entretanto, o aumento do conteúdo cristalino modificou suas características de adesão a cimentos resinosos, tornando necessário o desenvolvimento de métodos mais efetivos de união a estes materiais. Estudos têm sugerido técnicas de cimentação específicas para cerâmicas Y-

TZP que incluemmétodos de tratamento da superfície para alcançar uma condição satisfatória de adesão da zircônia aoscimentos resinosos. O presente trabalho traz uma revisão da literatura acerca das diferentes técnicas detratamento de superfície de coroas protéticas de cerâmicas de zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio (Y-TZP). As pesquisas mostram que ainda não há um protocolo definido de cimentação, contudo os resultados apontam para uma associação de métodos para que a união adesiva seja obtida e que a silicatização e o jateamento com óxido de alumina foram os métodos mais investigados apresentando bons resultados quando associados com um agente químico de união.

PALAVRAS-CHAVE: Zirconia; Tratamento de superfície; Coroa metal free; cimentação.

ABSTRACT: The yttrium-stabilized polycrystalline tetragonal zirconia (Y-TZP) ceramics present mechanical properties such as high strength and fracture toughness higher to those of other dental ceramics. However, the increased crystalline content modified its adhesion characteristics to resin cements, making it necessary to develop more effective methods of bonding to these materials. Studies have suggested specific cementing techniques for Y-TZP ceramics that include surface treatment methods to achieve a satisfactory condition of zirconia adhesion to resinous materials. The present work presents a literature review about the different techniques of surface treatment of prosthetic crowns of yttrium- stabilized polycrystalline tetragonal zirconia (Y-TZP) ceramics. The researches show that there is not yet a defined cementation protocol, however the results point to an association of methods for the adhesive bonding to be obtained and that silicatization and sandblasting with alumina oxide were the most investigated methods presenting good results when associated with a chemical bonding agent.

KEYWORDS: Zirconia; Surface treatment; Free metal crown; Cementation.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda estética por tratamentos protéticos levou ao desenvolvimento de materiais cerâmicos de alta resistência (1). Devido às suas propriedades mecânicas e estéticas com eficiência comprovada na área industrial, o óxido de zircônio tem emergido na indústria odontológica (2).

A zircônia é um material muito interessante por sua estabilidade térmica, suas propriedades mecânicas e suas propriedades superficiais básicas, ácidas, redutoras e oxidantes. Essas propriedades dependem da microestrutura e das fases cristalinas, que são função da distribuição do tamanho da partícula primária, do grau de aglomeração e da remoção de defeitos durante o processamento (3). Apesar de apresentar desempenho mecânico superior, uma das principais limitações das cerâmicas à base de zircônia está relacionada à sua cimentação as estruturas dentárias (4).

A zircônia apresenta como propriedades principais: altos valores de resistência; tenacidade de fratura e dureza; resistência ao desgaste e bom comportamento à fricção; isolamento elétrico; baixa condutividade térmica; resistência à corrosão frente à maioria dos ácidos e alcalóides; módulo de elasticidade semelhante ao do aço; e coeficiente de expansão térmica semelhante ao ferro. Além disso, o tamanho pequeno dos seus cristais possibilita um excelente acabamento de superfície (5).

Paralelo ao desenvolvimento das cerâmicas odontológicas, os agentes cimentantes foram desenvolvidos para obter longa duração e retenção de restaurações indiretas e de núcleos na cavidade oral. Para a cimentação é necessário um adequado tratamento nas superfícies do substrato dental e na superfície da restauração, que também dependerá das características do sistema cerâmico somado às peculiaridades do agente cimentante (6).

Em relação à cimentação as cerâmicas com elevado conteúdo cristalino e matriz vítrea limitada (abaixo de 1 %), como é o caso das zircônias, o condicionamento com ácido fluorídrico não é eficaz nacriação de microrretenções (7). O uso de cimento resinoso é preferido, pois proporciona melhor vedação marginal, enquanto aumenta à retenção e a resistência a fratura das restaurações. Adesão de cimentos resinosos à restaurações de zircônia tem se mostrado difícil, uma vez que a composição de zircônio não possui a fase de vidro . Sendo, portanto, propostas várias técnicas para

melhorar a adesão entre restaurações de zircônia e cimento resinoso, incluindo jateamento, laser, revestimento de sílica entre outros (8).

Idealmente as restaurações cerâmicas devem ser cimentadas por meio de cimentos resinosos, pois são capazes de proporcionar elevada retenção, melhora a adaptação marginal, evita a micro infiltração, fornece resistência à fratura do dente e da restauração, e melhora a longevidade da cerâmica. Além disso, a cimentação adesiva oferece a vantagem de selar pequenas falhas na superfície interna criadas por corrosão ou jateamento de partículas, reforçando significativamente o material cerâmico (4).

Este tipo de cerâmica ácido-resistente tem como indicação principal coroas unitárias anteriores e posteriores e próteses fixas até 3 elementos anteriores e posteriores devido às suas características dealta resistência flexural (9).

A literatura coloca que o ideal para obter maiores chances de sucesso das restaurações indiretas, é que haja, na interface cimento/material restaurador, retenção micromecânica (imbricação) e adesão (reações químicas estabelecidas entre ambos os materiais). Além disto, as zircônias apresentam reduzidos molhamentos e energia de superfície. Por tanto, tratamentos devem ser investigados para promover os dois mecanismos de união (10).

Na tentativa de aumentar a retenção mecânica entre o cimento e a zircônia, vários tratamentos são sugeridos na literatura. Dessa maneira o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão de literatura a respeito do tratamento de superfície e obviamente a seleção adequada do agente de cimentação.

2. METODOLOGIA

A busca eletrônica dos artigos foi realizada nas bases de dados BIREME, PUBMED, LILACS e SCIELO com base nos seguintes descritores: “zircônia”, “tratamento de superfície”, “coroa metal free” e “cimentação”. Os descritores foram pesquisados nos títulos, palavras-chave e resumos dos artigos. A pesquisa incluiu trabalhos que avaliam métodos de tratamento para otimizar a união à cerâmica de zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio, foram eles: jateamento com óxido de alumínio, utilização de cimentos contendo monômeros fosfatados, silicatização e silanização, primers, infiltração seletiva (SIE), uso de lasers, brocas diamantadas e plasma não térmico. A amostra final foi composta por 32 artigos

publicados entre 1999 a 2019.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Em uma abordagem experimental Kern e Wegner (11) avaliou métodos alternativos de união à cerâmica de zircônia parcialmente estabilizada por ítrio. O estudo também analisou a durabilidade adesiva de longo prazo, testada através de armazenamento em água e termociclagem das amostras. Os resultados do estudo mostraram que uma adesão estável só foi conseguida através da aplicação de jateamento com óxido de alumínio de 100µm e da utilização de cimentos contendo monômeros fosfatados. A silicatização seguida de silanização e aplicação de cimento resinoso à base de bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA), conquistaram altos valores iniciais de resistência de união, mas os espécimes não se mantiveram hidroliticamente estáveis.

A zircônia se apresenta em três formas: monoclínica, estável até cerca de 1170 °C; tetragonal de 1170°C até 2370°C; e cúbica de 2379°C até a temperatura de fusão (2680°C), sendo cada uma estável em determinada faixa de temperatura. Os grãos tetragonais da zircônia, que são estáveis em temperaturas elevadas, podem ser mantidos assim a temperatura ambiente através da adição de óxidos metálicos. O óxido de ítrio (Y_2O_3) é um dos estabilizantes mais utilizados nesse tipo de cerâmica. A cerâmica formada dessa adição é chamada de zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP). A Y-TZP é uma cerâmica que tem interesse especial por sua propriedade de tenacificação por transformação, fazendo com que quando tensões de tração são aplicadas nas bordas de trincas induzam a uma transformação da fase tetragonal para monoclínica. Essa transformação é associada a um aumento local de 3-5 % em volume, o que resulta em tensões compressivas localizadas ao redor e nas bordas da trinca, atuando contra as tensões de tração que levam à fratura (2).

Piwowarczyk e Lauer (12) avaliaram o efeito do armazenamento em água sobre a resistência à flexão e a corrosão de 12 cimentos, dentre eles cimentos de fosfato de zinco, de ionômero de vidro, de ionômero de vidro modificado por resina, cimentos resinosos e autoadesivos. Concluíram que cimentos resinosos apresentam maior resistência flexural e compressiva sendo seguido pelos cimentos autoadesivos, de ionômero de vidro modificado por resina, ionômero de vidro e fosfato de zinco. Um

cimento resistente distribui melhor as tensões, tem uma menor probabilidade de falha e grande possibilidade de atingir o sucesso clínico.

Ozcan e Vallittu (13) estudaram a influência de três diferentes tratamentos de superfície (condicionamento com ácido fluorídrico, jateamento com óxido de alumínio 110µm e tratamento triboquímico – jateamento com partículas de sílica 110µm – Sistema Rocatec), em diferentes tipos de cerâmica: reforçada por leucita, zircônia infiltrada por vidro, dissilicato de lítio, alumina infiltrada porvidro, alumina a 99,9 % e alumina experimental (99,7 %), sobre a resistência de união de um cimento resinoso à base de bisfenol glicidil metacrilato – Bis-GMA. As amostras foram submetidas ao teste de cisalhamento. Observaram que o ácido fluorídrico foi capaz de criar rugosidades e microrretenções nas cerâmicas reforçadas por leucita e de dissilicato de lítio, mas foi sem efetividade nas cerâmicas à base de alumina e zircônia. O condicionamento age dissolvendo a fase vítrea das cerâmicas, facilitando a penetração do cimento resinoso através das microrretenções. Concluíram que, o tratamento triboquímico aumenta o conteúdo de sílica em cerâmicas com elevado conteúdo cristalino, favorecendo o emprego de um agente silano.

Raigrodski (14) numa pesquisa sobre a evolução e o desenvolvimento de materiais e tecnologias para próteses parciais fixas totalmente cerâmicos aponta que devido ao fenômeno de tenacificação por transformação da zircônia os policristais demonstraram resistência flexural de 900-1.200 MPa e tenacidade de 9-10MPa, valor duas vezes maior do que o da alumina e três vezes maior do que o do dissilicato de lítio.

Derand, Molin e Kvam (15) investigaram se a resistência ao cisalhamento entre a superfície de uma zircônia e um agente cimentante poderia ser aumentada por meio de tratamentos empregados na superfície da cerâmica como a silanização, o spray de plasma e fusão de pérolas vítreas. O grupo controle e o grupo tratado somente com silano apresentaram média de 0,8 e 0,4 MPa, respectivamente. A silanização não melhorou a adesão, ao contrário, diminuiu a resistência. A aplicação de spray de plasma, um gás ionizado por um gerador de alta frequência, aumentou aproximadamente em três vezes a resistência adesiva quando comparado às superfícies não tratadas (3,5 MPa). A técnica do spray de plasma parece melhorar a força de ligação favorecendo a união química dos óxidos metálicos com primer contendo MDP por meio de ligações covalentes. Entretanto, o método que resultou nos maiores valores, estatisticamente diferente dos demais, foi a fusão de pérolas vítreas

com média de 11,3 MPa. A fusão de pérolas vítreas utiliza micropérolas vítreas de baixa fusão (720°C) - 5µm onde o pó é agitado numa quantidade excessiva de água e imediatamente pincelado na superfície cerâmica e após utiliza- se um silano.

Amaral *et al.* (16) avaliaram três jateamentos como tratamento superficial de zircônia, sendo um à base de óxido de alumínio com partículas de 110µm e os outros dois com partículas revestidas por sílica com dimensões diferentes: 110µm e 30µm. Após o tratamento de superfície, todas as amostras foram silanizadas e cimentadas em blocos de resina utilizando um cimento resinoso contendo monômero fosfatado 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP). Concluiu-se que ambos os sistemas de silicatização foram superiores ao de óxido de alumínio, não havendo diferença estatisticamente significante entre as dimensões das partículas utilizadas.

Aboushelib, Kleverlaan e Feilzer (17) avaliaram a resistência de união por meio da microtração de uma cerâmica de zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP) submetida à maturação térmica e à asperização (infiltração) seletiva da superfície. O grupo que foi tratado com infiltração seletiva obteve o maior valor de resistência adesiva. Concluíram que a infiltração seletiva da superfície é um método confiável por ter estabelecido uma união resistente. A infiltração seletiva (SIE) utiliza um processo de maturação por indução de calor na zircônia, para permitir a infiltração de vidro fundido na superfície. O vidro é removido utilizando condicionamento com ácido hidrofluorídrico (HF), criando porosidades, que permitem um entrelaçamento micromecânico do cimento resinoso. A vantagem da SIE é que envolve apenas os grãos que foram expostos na camada de vidro fundido, admitindo um controle da área a ser condicionada.

Tanaka *et al.* (18) realizaram estudo avaliando a eficácia do tratamento triboquímico (jateamento com partículas de sílica) do substrato cerâmico de zircônia, comparando com o tratamento de superfície através de jateamento com óxido de alumínio de 30µm. Investigou-se, também, a eficácia da aplicação da associação de agente de união silânico Espe-Sil (3M/ESPE) e monômero fosfatado 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato – MDP à cerâmica silicatizada, antes e após o envelhecimento artificial. Entretanto, os dados de resistência ao cisalhamento para o grupo que foi silicatizado e recebeu silano e *primer* com monômero fosfatado MDP foi significativamente superior aos demais grupos e não decresceu após envelhecimento artificial, demonstrando ser hidrotermicamente mais estável. A aplicação do monômero fosfatado MDP em associação com o agente silano sobre a superfície

revestida por sílica foi considerado um método promissor para a cimentação das restaurações cerâmicas de zircônia.

Cavalcanti (19) avaliou o efeito de diferentes intensidades de energia do laser de erbium dopedyttrium aluminium garnet – Er:YAG (200mJ, 400mJ ou 600mJ) e do jateamento com partículas de óxido de alumínio - Al_2O_3 na rugosidade superficial e nas características morfológicas de cerâmicas de zircônia policristalina tetragonal estabilizada com ítrio (Y-TZP). Também investigou a influência de diferentes tratamentos de superfície e *primers* para metal (nenhum, Alloy Primer, Metal Primer II ou Metaltite) na resistência de união de dois cimentos resinosos (Panavia F 2.0 ou Calibra) a cerâmica Y-TZP. Os resultados demonstraram que a irradiação com laser nas intensidades de 400mJ e 600mJ promoveu aumento acentuado da rugosidade superficial, além da formação de fendas, perda de massa e alteração de cor. A irradiação com 200mJ de intensidade e o jateamento com partículas de Al_2O_3 resultaram em alterações superficiais menos agressivas que as altas intensidades do laser. O jateamento com partículas de Al_2O_3 resultou em maior resistência de união para ambos os cimentos resinosos. Os dois cimentos demonstraram comportamento semelhante nos grupos sem tratamento de superfície. Os três *primers* para metal apresentaram resultados semelhantes entre si, independentemente do tratamento da superfície e do cimento resinoso, e a resistência de união da interface cerâmica/dente aumentou com a sua utilização. Concluiu que, apesar da irradiação com 200mJ de intensidade promover alterações superficiais na cerâmica zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP), apenas associação do jateamento com partículas de Al_2O_3 com a aplicação de *primers* para metal constitui numa técnica efetiva para união de cimentos resinosos a estas cerâmicas.

Kern, Barloi e Yang (20) avaliando a influência dos diferentes tratamentos de superfície, em cerâmicas de zircônia, utilizaram o jateamento e *primers* cerâmicos para verificar a resistência adesiva em longo prazo, através do teste de tração. Todos os espécimes sem o jateamento e sem o uso dos *primers* tiveram falhas pré-teste. Já os grupos sem o jateamento e com utilização dos *primers* tiveram uma melhora nos valores adesivos iniciais (8,1MPa, 17,7MPa, 24,1Mpa, respectivamente). Todavia, após a termociclagem, sofreram falha pré-teste e resistência adesiva reduzida a 0 MPa. Para a utilização de um cimento resinoso, sem monômeros fosfatados, é fundamental o uso do jateamento em conjunto com os *primers* cerâmicos, obtendo-se assim uma

adesão duradoura às cerâmicas de zircônia e, para minimizar falhas de superfície, pode-se utilizar uma menor pressão durante o jateamento.

Zhang, Masumi e Song (21) investigaram a resistência ao cisalhamento entre a zircônia e os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina. As falhas de adesão dos cimentos de ionômero de vidro foram na grande maioria adesivas entre o cimento e a zircônia. Este tipo de cimento não ofereceu uma união estável à zircônia abrasionada após termociclagem. Concluíram que não existe ligação química durável ou ligação mecânica com a zircônia.

Segundo Yang, Barloi e Kern (22) o jateamento pode comprometer a resistência mecânica dasrestaurações, por isto os autores avaliaram a influência da redução da pressão do ar durante o processo de jateamento. Os grupos foram divididos de acordo com o método de tratamento de superfície (1- sem jateamento, 2- jateamento com 0,05 MPa e 3- jateamento com 0,25 MPa) e diferentes tipos de *primers* (sem aplicação, Metal/Zirconia Primer, Alloy Primer e Clearfil Ceramic Primer). É possível uma união durável às cerâmicas de zircônia quando utilizados cimentos resinosos contendo monômero fosfatado 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP), jateamento com pressão regular de 0,25 MPa ou a combinação de baixa pressão 0,05 MPa com *primers* contendo MDP. Sem o jateamento não foi observada união estável a zircônia, independente do uso de um *primer.*

Yun *et al.* (23) estudaram a influência do jateamento e de *primers* metálicos na resistência ao cisalhamento de três diferentes cimentos resinosos (dupla polimerização: Panavia F 2.0 – Kuraray; polimerização química: Superbond C&B - Sun Medical; autoadesivo: M Bond – Tokuyama Dental Corp) para uma zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP). Os *primers* utilizados foram produzidos e recomendados pelos mesmos fabricantes para cada cimento resinoso. Concluíram que o tratamento da superfície somente com *primers* metálicos pode não garantir união durável da zircônia à cimentos resinosos e que o jateamento associado a *primers* foi eficaz para os três cimentos testados, especialmente para Panavia F 2.0. Assim, consideram necessário o desenvolvimento de um *primer* específico para zircônia, ao invés da utilização de *primers* metálicos e cerâmicos existentes.

Magne, Paranhos e Burnett (24) testaram o efeito de um novo *primer* experimental, uma mistura de monômeros de ácido carboxílico e organofosfatos (Z-Primer Plus) na resistência adesiva da zircônia. As amostras de zircônia foram jateadas com partículas de óxido de alumínio 50μm e divididos em oito grupos (n=5), de acordo

com *primer* e o sistema de cimentação. Os sistemas de cimentação (BisCem -Bisco Inc., Duo-Link Bico Inc., Panavia F 2.0 – Kuraray) foram aplicados em superfícies sem tratamento e tratadas com a zircônia primer (Z-Plus – Bisco Inc.). O Zircônia Primer Plus foi testado em cilindros de resina composta (Z-100 - 3M ESPE) e em um outro grupo foi aplicado outro *primer* (Clearfil Ceramic Primer) utilizando o Panavia F 2.0 como cimento. As amostras foram armazenadas por 24h e submetidas ao ensaio de cisalhamento. Observaram que os grupos que utilizaram o Z-Pimer Plus apresentaram os maiores valores de união. Quando utilizaram o Panavia F 2.0 com o Clearfil Ceramic Primer os valores foram baixos, similares aos grupos sem aplicação de *primer*, indicando que, quando o agente de cimentação apresenta o monômero fosfatado 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) em sua composição, pode não ser necessário utilizar um *primer* que o contenha.

Moon *et al.* (25) estudaram o efeito da ordem de preparação na estrutura da zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio (Y-TZP) – através do jateamento com partículas de óxido de alumínio antes e depois da sinterização - e sua resistência de união a cimentos dentários (Clearfil SA luting cement, Zirconite, Superbond C&B, Rely-X Unicem, e Multilink). O jateamento da zircônia aumenta significantemente os valores de resistência ao cisalhamento dos cimentos resinosos, mas a ordem de preparação (jateamento antes e após sinterização) não teve influência significante na resistência ao cisalhamento em ambos os grupos. O grupo que foi jateado antes da sinterização apresentou menos estruturas monoclínicas do que o grupo que foi jateado após sinterização.

Casucci *et al.* (26) pesquisaram o efeito de uma solução experimental *hot chemical etching* composta por HCl (Ácido Clorídrico) e Fe_2Cl_3 (Cloreto Férrico) em metanol (previamente usada para condicionamento de metal e ligas) como método de tratamento de superfície da zircônia. Compararam os valores de união desta nova solução com os seguintes tratamentos: condicionamento e infiltração seletiva, jateamento com partículas de óxido de alumínio 125µm, e um grupo sem nenhum tipo de tratamento. Os espécimes foram cimentados com o cimento resinoso Calibra em combinação com seu sistema adesivo. Após 24h os corpos de prova foram levados ao teste de microtração. Os valores de adesão alcançados depois do uso do condicionamento e infiltração seletiva e a nova solução foram significantemente maiores que o grupo do jateamento e o grupo sem tratamento.

Piascik, Wolter e Stoner (27) avaliaram uma nova técnica de pré-tratamento da

superfície de zircônia, no qual está superfície é convertida em oxifluoreto de zircônia tornando-se mais reativa, permitindo a ligação química melhorada com substratos dentais. Os espécimes de zircônia, polida e rugosa, foram tratadas e cimentadas com RelyX Unicem utilizando técnicas convencionais. Os corpos de prova foram levados ao teste de cisalhamento e os resultados mostraram que o pré-tratamento com fluoração é um método viável para produzir uma superfície mais reativa para colagem adesiva. Investigações ainda estão em andamento para avaliar a durabilidade desta ligação química.

Lung *et al.* (28) compararam 3 novos agentes de ligação: 2-hidroxietil metacrilato, ácido itacônico e ácido oleico para 2 agentes de ligação silano, o Sil Silane (3M-ESPE), e *3*- acriloxipropiltrimetoxisilano (3-ACPS) na durabilidade adesiva do compósito resinoso para a zircônia. Os valores da resistência adesiva ao cisalhamento para todos agentes de ligação após estocagem em água e termociclagem excederam o valor de resistência ao cisalhamento mínima de 5 MPa estabelecido pela ISO. O agente de ligação do silano 3-ACPS mostrou a força de união mais elevada.

Amaral *et al.* (29) investigaram o potencial adesivo de *primers* (Z Prime Plus e AZ Primer) e adesivos universais a substratos de zircônia com superfícies tratadas (jateamento com partículas de óxido de alumínio – Al_2O_3 35µm e jateamento com partículas de sílica 30µm). Os adesivos universais Monobond Plus (MP); Scotch Bond Universal (SU) e um adesivo experimental 10-MDP monômero/etanol/água/metacrilatos UDMA-TEGDMA (EA) podem ser alternativa considerável para cimentação de zircônia, mas a abrasão a ar prévia é requerida. Os *primers* apresentaram melhores adesividade após abrasão com partículas de Al_2O_3 35µm. A abrasão com partículas de sílica 30µm e aplicação do silano apresentou maior valor de resistência adesiva.

Yi *et al.* (30) avaliaram o efeito do tratamento com *primers* (Z-Prime Plus, Monobond, ESPE Sil), jateamento com óxido de alumina 50µm e revestimento com sílica 30µm para melhorar a resistência de união ao cisalhamento entre a cerâmica de zircônia tetragonal policristalina contendo ítrio (Y-TZP) e o cimento resinoso autoadesivo. Concluíram que o jateamento com óxido de alumina combinado com o Z-Prime Plus produziu a maior adesão seguido pelo jateamento com óxido de alumina, jateamento com óxido de alumina associado ao Monobond, e o revestimento com sílica associado ao ESPE Sil e ao Z-Prime Plus.

Tanis e Akçaboy (31) avaliaram os efeitos de diferentes tratamentos de superfície da zircônia e do monômero 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) sobre a resistência de cisalhamento entre zircônia e cimento resinoso (Variolink II e Panavia F 2.0). Os tratamentos foram da seguinteforma: jateamento (óxido de alumina 50μm), jateamento (óxido de alumina 50μm) + revestimento triboquímico (jateamento com partículas de sílica 30μm) + silano (Monobond S), jateamento (óxido de alumina 50μm) + laser *neodymium doped yttrium aluminium garnet* (Nd: YAG) 100mJ. Os espécimes em cada grupo foram ligados quer com cimento resinoso convencional Variolink II quer com umcimento resinoso Panavia F 2.0 contendo MDP. Concluíram que o tratamento triboquímico é um método eficaz para alcançar uma ligação aceitável entre zircônia e cimento resinoso. A utilização deum cimento resinoso contendo MDP foi capaz de aumentar a resistência de união de zircônia jateada. Monteiro (32), em seu estudo, avaliou a deposição química na fase de vapor assistido por plasma (PECVD) com hidreto de silício na zircônia em diferentes tempos, bem como os seus efeitos nas características superficiais do material e na união ao cimento resinoso antes e após a termociclagem. Assim, blocos de zircônia foram polidos, sinterizados e divididos em 5 grupos, de acordo com o tempo de PECVD: Zr-30 (30s), Zr-60 (60s), Zr-120 (120s) e Zr-300 (300s) e o silano Monobond N foi aplicado nas superfícies. Metade dos espécimes de cada grupo foi armazenada por 24 h ou submetida à termociclagem. Concluiu-se que houve formação de ligações Si-O, o que contribuiu para o aumento da Energia Livre de Superfície. Além disso, o silício penetrou na microestrutura, causando maior concentração de tensão e a resistência de união ao cimento resinoso foi melhorada após todos os tempos de deposição da PECVD.

Mendonça, Negreiros e Giannini (33) avaliaram o efeito do jateamento de óxido de alumínio, aplicação de plasma de argônio e sua combinação na resistência ao cisalhamento do cimento resinoso dual (Panavia F 2.0, Kuraray Noritake) a duas cerâmicas à base de zircônia (Lava, 3M ESPE e Katana, Kuraray Noritake). Os autores concluíram que, em geral, apenas o jateamento de óxido de alumínio e este combinado à aplicação de plasma de argônio apresentaram a maior resistência ao cisalhamento. Ademais, após um ano de armazenamento, a resistência ao cisalhamento do cimento resinoso para a zircônia Katana não reduziu, independentemente do tratamento da superfície.

Silva *et al.* (1) testaram a utilização de plasma não-térmico e confirmaram o

aumento da energia de superfície e molhabilidade dos substratos melhorando a adesão da superfície tratada aos cimentos resinosos. Uma importante vantagem desta técnica é o fato de que ela não remove a estrutura do material e não deposita uma película na superfície de cimentação; portanto, a adaptação da coroa de zircônia não é comprometida.

4. DISCUSSÃO

Os sistemas cerâmicos a base de zircônia se destacam por apresentar estabilidade superior na infraestrutura e exibe a combinação de elevada resistência flexural, de 900 a 1200 MPa devido ao seu mecanismo de transformação de fase que obstrui a propagação de trincas, e elevada tenacidade à fratura possibilitando indicá-la para reabilitações protéticas extensas, convencionais e implanto-suportadas (2,14, 23, 31).

A zircônia pura apresenta três fases: monoclínica, estável até cerca de 1170°C; tetragonal, estável entre 1170 e 2370°C; e a fase cúbica de 2370°C até a temperatura de fusão (2680°C). No resfriamento, a fase tetragonal transforma-se na fase monoclínica acompanhada por uma variação de volume (3 a 5 %), que é suficiente para fraturar um corpo sinterizado. Assim, corpos sinterizados de cerâmicas de zircônia são produzidos com aditivos que estabilizam as fases de alta temperatura (tetragonal e cúbica). Os principais tipos de cerâmicas de zircônia são: zircônia tetragonal policristalina (TZP), zircônia totalmente estabilizada (FSZ, geralmente fase cúbica) e zircônia parcialmente estabilizada (PSZ), que pode conter duas ou três fases polimórficas. Consegue-se estabilizar as fases da zircônia através da adição de óxidos estabilizantes. Os mais comumente utilizados são os óxidos de Yttrium (Y_2O_3) e o de Cerium (CeO_2). O óxido de ítrio (Y_2O_3) é um dos estabilizantes mais utilizados nesse tipo de cerâmica. Quando adicionado (de 3 a 6 %) à zircônia pura, ele tem a função de estabilizá-la em temperatura ambiente na fase tetragonal, permitindo que este material seja passível de utilização, gerando assim um material cristalino de elevada resistência mecânica (2, 5, 30, 31).

O procedimento de cimentação é importante para a longevidade da união zircônia/dente. Os cimentos resinosos apresentam maior resistência à flexão quando comparados aos outros tipos de cimentos, visam a melhor distribuição das tensões e menor probabilidade de falha. O uso de cimentos resinosos deve ser do tipo dual ou

químico, pois a infraestrutura desse tipo de restauração dificulta a passagem de luz, o que contra indica a utilização de cimentos resinosos fotoativados. Outro aspecto que deve ser levado em consideração com relação ainda à cimentação dessas peças protéticas é a incompatibilidade química de sistemas adesivos de frasco único com os cimentos resinosos duais e químicos (12, 31,8).

Grupamentos do éster fosfato presentes em alguns cimentos resinosos e *primers* para metal parecem capazes de se unir a óxidos metálicos, como óxido de alumínio e óxido de zircônio. O monômero 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) promove união química do cimento resinoso à cerâmica densa de zircônia, capaz de resistir ao armazenamento em água. Já os materiais à base de bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA) parecem desenvolver uma união fraca e mais sensível a degradação pela água. É possível que os *primers* interajam quimicamente com a superfície cerâmica, melhorando a união com cimentos resinosos (11, 18, 19, 23, 31).

O pré-tratamento de superfície das cerâmicas de zircônia tetragonal policristalina estabilizadas com ítrio (Y-TZP) com jateamento e/ou tratamento com revestimento de sílica, melhoram a resistência ao cisalhamento (11, 13, 29,31). O tratamento de superfície jateamento/abrasão a ar é recomendado para aumentar a retenção micromecânica e durabilidade da ligação cimento/zircônia. No entanto, os efeitos a longo prazo da influência deste procedimento na estabilidade da zircônia ainda não são conhecidos. Microtrincas podem surgir na superfície ou na sub-superficie da zircônia após o tratamento de jateamento, prejudicando a adesão (22, 29).

Diferentes protocolos de jateamento com partículas de óxido de alumínio (Al_2O_3) e óxido de sílica (SiO_2) têm sido utilizados pois a eficácia deste procedimento depende do tipo e tamanho da partícula. Partículas maiores são mais efetivas, por outro lado podem causar danos estruturais. Ao que tudo indica, é preferível trabalhar com partículas menores e, se necessário, aumentar a pressão como forma de obter maior efetividade, pois grandes impactos na superfície desta cerâmica induzem a sua mudança estrutural, o que pode comprometer sua resistência. Os estudos consultados usaram partículas de óxido de alumínio (Al_2O_3) de 30, 35, 50, 100 e 125µm e partículas de óxido de sílica (SiO_2) com 30 e 110µm. A pressão usada no jateamento também é importante, pois se constatou um aumento da força adesiva combinando a pressão de 0,05 Mpa com *primers* contendo 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) ou mantendo-se a pressão regular de 0,25 Mpa utilizando cimentos resinosos contendo

MDP. Foi constatado que a rugosidade fornecida pelo jateamento ou silicatização são semelhantes quando se utiliza partículas de mesmo tamanho e pressão de jateamento igual (20, 22, 26).

As pesquisas que utilizaram corpos de prova jateados com óxido de alumínio (Al_2O_3) independentemente do tamanho das partículas e da pressão utilizada, foram danificados pelo jateamento, uma vez que foram observados danos superficiais na cerâmica, na forma de ranhuras e delascamentos, gerando irregularidades, as quais foram responsáveis pelo aumento da rugosidade da superfície. Já nos grupos jateados com óxido de sílica (SiO_2) não foi possível identificar danos superficiais na cerâmica, mas sim a presença de uma camada irregular de sílica sobre a superfície dos espécimes. Os estudos também mostram que sem jateamento o *primer* não oferece união a zircônia (26).

Yegin (8) investigou os efeitos de dois métodos de tratamento de superfície de zircônia no consultório, incluindo jateamento com partículas de Al_2O_3 (50 μm) e uso de brocas diamantadas (150 μm) sobre a resistência de união entre zircônia e cimento resinoso. Neste estudo ambos foram eficazespara aumentar a força de ligação entre cimento resinoso e Y-TZP. Brocas de granulção fina aumentaram a força de flexão e confiabilidade da zicônia, porém podem causar defeitos na superfície,o que poderia exceder a profundidade das camadas de compressão da superfície e levar à concentração de estresse.

Estudos mostraram que o jateamento com partículas revestidas por sílica, juntamente com a aplicação de silano e adesivo que contém 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) aumenta a força adesiva entre a cerâmica de óxido de zircônio e um cimento à base de MDP (5, 11, 16, 18, 29).

Tem-se constatado uma maior efetividade da adesão quando o silano e o adesivo contendo monômero 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP). O silano contribui com o aumento da resistência de união, pois forma uma ligação química com o cimento resinoso por meio de ligações cruzadas com os grupamentos metacrilatos, além de aumentar a energia de superfície e melhorar o molhamento (2, 16).

Determinadas combinações proporcionaram melhora significativa na adesão dos materiais resinosos a zircônia. Os cimentos resinosos modificados contendo 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) associados à silicatização são indicados como melhor opção para cimentação adesiva da zircônia. A ação de um agente silano

que possui MDP, *primers* específicos para metal/zircônia, emconjunto com cimentos modificados (contendo MDP) foram indicados no aumento da adesão. Não só isso, o acréscimo do jateamento com partículas abrasivas e/ou cobertura triboquímica, seguida da aplicação de *primers* contendo MDP, influenciam positivamente a força de união (8).

O uso de brocas diamantadas foi apontado como uma técnica alternativa para criar rugosidade nas restaurações de zircônia proporcionando efeitos favoráveis na resistência de união dos cimentos resinosos. Contudo, tal método não tem sido extensamente estudado na literatura. Também foi relatado que o uso de brocas causa defeitos na superfície, o que poderia exceder a profundidade das camadas de compressão da superfície e levar à concentração de estresse (8).

O plasma não térmico pode ser um tratamento de superfície alternativo para zircônia pois melhorou a foça de ligação e forneceu maior energia superficial sem afetar a rugosidade da superfície (1).

Novos tratamentos de superfície como: condicionamento e infiltração seletiva (SIE); a infiltração seletiva (SIE) associada a uma solução experimental (composta por ácido clorídrico e cloreto férrico em metanol); novo primer universal (Monobond Plus); fluoração e spray de plasma, segundo os estudos, modificaram a morfologia da cerâmica Y-TZP melhorando sua adesão ao cimento resinoso (7, 15, 17, 24, 27).

5. CONCLUSÃO

Com base na literatura consultada pode-se concluir que um dos aspectos de comprovação científica relacionados à técnica de cimentação resinosa para cerâmicas de zircônia, é o fato de que o pré-tratamento permite efetivação de união física e/ou química, ao substrato cerâmico. Se não tratada,esta cerâmica se constituirá de um substrato praticamente inerte, com baixa energia de superfície e molhabilidade.

Foi possível constatar que ainda não há um consenso entre os pesquisadores sobre um tratamento de superfície ideal para formação de uma camada de união efetiva com os cimentos resinosos. Encontrou-se diferentes métodos, contudo, a técnica que associa a silicatização da superfície, seguida da aplicação de *primers* contendo o monômero fosfatado *10-methacryloxydecyl dihydrogen phosphate* (MDP) e o uso de cimentos resinosos fosfatados e cimentos autoadesivos, parecem de acordo com a literatura influenciar positivamente na adesão da zircônia a tais

materiais.

Conflicts of Interest

The author declares that there are no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

REFERÊNCIAS

1. Silva BTF, Trevelin LT, Teixeira FS, Salvadori MC, Cesar PF, Matos AB. Non-thermal plasmaincrease Bond strength of zircônia to a resin cement. Braz Dent Sci. Apr/Jun. 2018;21(2).

2. Piconi, C, Maccauro, G. Zirconia as a ceramic biomaterial. Biomaterials. 1999;20(1): 382-388.

3. Silva UAR, Virgens CF, Silva DAS, Soares RR. Study of the influence of diferente synthesis methods and precipitating agentes in generation of nanoparticles of zirconium oxide. Braz. J. of Develop. Jun. 2019; 5(6):6232-52. DOI:10.34117/bjdv5n6-131.

4. Oliveira PFG, Rabello TB. Tratamento de superfície para cimentação adesiva de cerâmicas à base de zircônia: revisão de literatura. Rev. Bras. Odontol. Jan./Mar. 2017;74(1):36-9.

5. Werner HKB. Avaliação da resistência de união de uma cerâmica de zircônia submetida a diversos tratamentos de superfície [dissertação]. Belo Horizonte (MG): Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais; 2009.

6. Kelly JR, Benitti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. J Aust Dent. 2011;56(1):84-96.

7. Casucci A, Osorio E, Osorio R, Monticelli F, Toledano M, Mazzitelli C. Influence of differentsurface treatments on surface zircônia frameworks. J Dent. 2009;37(11):891-7. doi:10.1016/j.jdent.2009.06.013

8. Yegin E. Effects of Various Chairside Surface Treatments on Zirconia – Resin Cement Bond Strength. J Dent Mater Tech. March 2019;8(1):12-18.

9. Amoroso AP, Ferreira MB, Torcato LB, Pellizzer EP, Mazaro JVQ, Genari FH. Cerâmicas odontológicas: propriedades, indicações e considerações clínicas. Revista Odontológica de Araçatuba.2012;33(2):19-25.

10. Sciasci P. Efeito de tratamentos de superfície na composição da zircônia e na resistência de união com diferentes cimentos [dissertação]. Araraquara (SP): Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP; 2013.

11. Kern M, Wegner S. M. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. Dent Mater. Jan. 1998;14(1):64–71.

12. Piwowarczyk A, Lauer HC. Mechanical properties of luting cements after water storage. OperDent. Sept./oct. 2003;28(5):535-542.

13. Ozcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. Dent Mater.2003;19(8):725-731.

14. Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all- ceramic fixed

partial dentures: a review of the literature. J Prosthet Dent. 2004;92:557- 562. doi:10.1016/j.prosdent.2004.09.015

15. Derand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. Dent Mater. 2005;2(12):158-162.

16. Amaral R, Ozcan M, Bottino MA, Valandro LF. Microtensile Bond strength of a resin cementto glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. Dent Mater. 2006;22(3):283-290.

17. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Selective infiltration-etching technique for a strongand durable bond of resin cements to zirconia-based materials. J Prosthet Dent.2007;98(5):379-388.

18. Tanaka R, Fujishima A, Shibata Y, Manabe A, Miyazaki T. Cooperation of phosphate monomerand silica modification on zirconia. J Dent Res.2008; 87(7):666–670.

19. Cavalcanti AAN. Características da união à cerâmica de zircônia tetragonal policristalina contendo ítrio [tese]. Piracicaba (SP): Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadualde Campinas; 2008.

20. Kern M, Barloi A, Yang, B. Surface conditioning influences zirconia ceramic bonding. Journalof Dental Research.2009;88(9):817-822.

21. Zhang W, Masumi S I, Song XM. Bonding property of two resin-reinforced glass-ionomer cements to zirconia ceramic. Quintessence International. July/aug. 2010; 41(7):132-140.

22. Yang B, Barloi A, Kern M. Influence of air-abrasion on zirconia ceramic bonding using an adhesive composite resin. Dent Mater. 2010;26(1):44-50.

23. Yun JY, Ha SR, Lee JB, Kim, S. H. Effect of sandblasting and various metal primers on the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic. Dent Mater. 2010;26(7):650-658.

24. Magne P, Paranhos M P G, Burnett L H. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. Dent Mater. 2010;26(4):345–352.

25. Moon JE, Kim SH, Lee JB, Ha SR, Choi YS. The effect of preparation order on the crystal structure of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal and the shear bond strength of dental resincements. Dent Mater. 2011;27(7):651-663, 2011.

26. Casucci A, Monticelli F, Goracci C, Mazzitelli C, Cantoro A, Papacchini F, Ferrari M. Effect of surface pre-treatments on the zirconia ceramic-resin cement microtensile bond strength. Dental Materials.2011;27(10):1024-1030.

27. Piascik JR, Wolter SD, Stoner BR. Development of a novel surface modification for improvedbonding to zirconia. Dental Materials. 2011;27(5):99-105.

28. Lung CY, Botelho MG, Heinonen M, Matinlinna JP. Resin zirconia bonding promotion with some novel coupling agents. Dent Mater. 2012;28(8):863-872.

29. Amaral M, Belli R, Cesar PF, Valandro LF, Petschelt A, Lohbauer U. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. Journal of Dentistry. 2014;42(1): 90-98.

30. Yi Y-A, Ahn J-S, Park Y-J, Jun S-H, Lee I-B, Cho B-H, Son H-H, Seo D-G. The Effect of Sandblasting and Different Primers on Shear Bond Strength Between Yttria-tetragonal ZirconiaPolycrystal Ceramic and a Self-adhesive Resin Cement. Operative Dentistry. 2015;40(1):63-71.

31. Tanis MÇ, Akaçaboy, C. Effects of Different Surface Treatment Methods and MDP Monomeron Resin Cementation of Zirconia Ceramics an In Vitro Study. J Lasers Med Sci. 2015;6(4):174-181.

32. Monteiro JB. Deposição de hidreto de silício sobre a zircônia em diferentes tempos: análise química, microestrutural e durabilidade da união ao cimento resinoso [tese]. São José dos Campos (SP): Instituto de ciência e tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 2019.

33. Mendonça BC, Negreiros WM, Giannini M. Effect of aluminum oxide sandblasting, plasma application and their combination on the bond strength of resin cement to zirconia ceramics. *BrazilianDental Science*.2019;*22*(2):275-280.

CAPÍTULO 08

UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADAS A REDES INTELIGENTES DE AUTOCURA

Fábio Junior Alves
Mestre
Department of Computing, IFSULDEMINAS, Machado-MG 37.750-000, Brazil
Institute of Systems Engineering and Information Technology, Federal University of Itajubá, Itajubá-MG
E-mail: fabio.alves@ifsuldeminas.edu.br

Natan dos Santos
Graduado
Electrical and Energy Systems Institute, Federal University of Itajubá, Itajubá-MG 37.500-903, Brazil
E-mail: natanitajuba@unifei.edu.br

Giordana Maria Rodrigues
Mestre
Department of Electrical Engineering, Federal University of Itajubá, Itajubá-MG 37.500-903, Brazil
E-mail: giordana@unifei.edu.br

Paulo F. Ribeiro
Doutor
Institute of Advanced Power Technologies and Innovations in Systems and Smart Grids Group, Federal University of Itajubá, Itajubá-MG 37.500-903, Brazil
E-mail: pfribeiro@unifei.edu.br

A. C. Zambroni de Souza
Doutor
Institute of Electrical Power Systems, Federal University of Itajubá, Itajubá-MG 37.500-903, Brazil
E-mail: zambroni@unifei.edu.br

ABSTRACT: The development of self-healing in smart grids is an attractive research topic. The application of artificial intelligence (AI) techniques for this purpose has been studied recently, and works published in this area show the effectiveness of AI. This article's purpose is to conduct a literature review of research articles published in recent years between 2014 and 2019, with the main theme related directlyto self-healing and AI. Compared to the total number of articles published in smart grids, there is a small number of papers with this specific theme, mostly concentrated in Multi-Agent System (MAS). Performing an attribute agreement analysis, it is possible to look for relations between common characteristics of the articles and the chosen AI technique option. The methodology is applicable for educational and research purposes to facilitate the learning and investigation process.

KEYWORDS: Smart Grid; Self-healing; Artificial Intelligence; Literature Review.

RESUMO: O desenvolvimento da autocura em redes inteligentes é um tópico de pesquisa atraente. A aplicação de técnicas de inteligência artificial (IA) para este fim é estudada recentemente e trabalhos publicados nesta área mostram a eficácia da IA. Assim, o objetivo deste artigo é realizar uma revisão bibliográfica de artigos de pesquisa publicados nos últimos anos entre 2014 e 2019, com o tema principal relacionadodiretamente à autocura e IA. Comparado ao total de artigos publicados em redes inteligentes, há um pequeno número de artigos com esse tema específico, principalmente concentrados em Sistemas Multiagentes. Realizando uma análise de concordância de atributos, é possível buscar relações entre características comuns dos artigos e a opção de técnica de IA escolhida. A metodologia é aplicável parafins educacionais e de pesquisa para facilitar o processo de aprendizagem e investigação.

PALAVRAS-CHAVE: Redes Inteligentes; Autocura; Inteligência Artificial; Revisão da Literatura.

1. INTRODUCTION

Electrical power systems (EPS) encompass the generation, transmission, and distribution of electricity. Thus, to promote the efficiency and reliability of these systems, many technologies call advances in the areas of automation, computing, telecommunication, and engineering have contributedto focusing on the development of technologies to act directly in EPS (LISERRE *et al.*, 2010). A smart grid was developed from the conjuncture of these various areas to stimulate technological advances inelectrical infrastructure (LISERRE *et al.,* 2010).

According to DOE (2003), "smart grid seeks to provide energy in an automated way between the plant, the device and all intermediate points, ensuring a bidirectional flow of electricity and information, in addition to monitoring and controlling all customers and network nodes". The European Regulators Group for Electricity and Gas (ERGEG) Smart Grid: "it is an electrical network that aims to ensure economically efficient and sustainable distribution, obtaining high levels of quality and safety, by integrating the behaviors and actions of all consumers and generators and those who do both connected to it" (ERGEG, 2009). According to Shum *et al.* (2016), smart grids use computer monitoring to control and communicate across technologies to promote more excellent reliability, safety, and efficiency (economic and energy) of power generators and distributors. According to Wollenberg (2005) and Brown (2008), smart grids aim to improve the durability of systems through the integration of alternative and renewable energy sources, as well as through the use of automated controls and communication systems. Finally, Giordano *et al.* (2013) and Elgenedy *et al.* (2015), describe that smart grids may help to I) integrate systems of renewable energy sources, such as electric vehicles and distributed generators into the grid; II) provide energy in an efficient, sustainable, and reliable manner; III) prevent and restore interruptions, and IV) respond to consumer demands, such as obtaining more significant control over electricity consumption and their participation in the energy market.

A smart grid can provide benefits such as self-healing, which is one of the most important features for making a network "smart" (EL-GHAREEB *et al.,* 2017; ZHANG et al., 2018). This concept refers to the ability of the distribution network to recover from a disturbance, isolating a problem, restoring loads in the shortest possible time, and reducing the number of customers affected (ELGENEDY *et al.,* 2015). When compared to traditional distribution systems, self-healing systems improve the reliability and

quality of the distribution system (ZHENG and CONG, 2017). According to Elgenedy *et al.* (2015), self-healing may create systems that are safe, fault-tolerant, and resilient. Self-healing can be a useful tool when applied to the logic in the Intelligent Electronic Devices (IEDs) themselves, and when enhanced by Artificial Intelligence (AI) (FONSECA, 2017).

Seeking to improve protection, AI can be employed to remedy fault-related problems caused by smart grid disturbances and the implementation of Self-healing (TONG *et al.,* 2017). The application of AI techniques to power system's reliability analysis has been gaining momentum in recent decades, because AI may overcome significant disadvantages of traditional methods (WU *et al.,* 2017). According to Vanajakshi *et al.* (2010), the models adopted by the AI techniques capture the uncertainty between the real cause and effect scenarios by incorporating the available knowledge with probabilities and probability inference calculations. According to Rigas *et al.* (2014), AI helps in operational aspects by supporting planning and decision making. AI allows one to implement essential functionalities that are still performed by humans, such as self-healing. According to Oualmakran *et al.* (2012), a distribution network used within the smart grid, coupled with self-healing and AI, includes the added benefits of I) a quick restoration; II) more loads restored, and III) less need to send field technicians to solve the problems. Lastly, Kamdar *et al.* (2018) describe that to assist the self-healing service, several AI techniques such as fuzzy logic, genetic algorithm, intelligent agents, and artificial neural networks are applied to provide accurate diagnoses of power outages. These AI techniques offer efficient and reliable results, robustness, reliability, and efficiency (SPATTI, 2011).

Thus, this paper reviews how state of the art AI techniques cited are being employed in self- healing systems to assist in monitoring and restoring power outages in smart grids. The remainder of this article is structured as follows: Section 2 describes the research methodology used, section 3 exposes the results and discussions of this search, and section 4 discusses the final considerations and future work.

2. RESEARCH METHODOLOGY

The research methodology selected for this study was the literature review, intending to gather information on a subject studied through various research sources to update the reader on a particular topic (CRONIN *et al.*, 2008). Thus, the review work

should include an objective strategy for conductinga search and selecting information for the study (CARNWELL and DALY, 2001). The use of this methodology allowed identifying possible gaps in the area of study and identifying new research opportunities from different perspectives. The process of selection, classification, and analysis of workswas carried out by the authors of this article. Whenever necessary, meetings were held, whose purposewas to analyze the results of the articles and resolve the differences.

To cover the topics of interest in this review, we formulated four research questions (RQ). These questions considered relevant and general aspects important for this study and guide the development of this review to meet the proposed objective (see Table 1).

Table 1 – Research questions for the review.

ID	Research Question (RQ)
RQ1	Amount of works published in recent years?
RQ2	What characteristics and AI techniques used in the works?
RQ3	Which AI techniques among those described in this research are being used most?
RQ4	What application areas are researches addressing?

This review containing scientific articles from the IEEE Xplore and Science Direct electronic databases, from 2014 to 2019. The period was elected to investigate how recent research is adopting genetic algorithms, fuzzy logic, artificial neural networks, or multi-agent systems together with self- healing. Finally, to identify the works, the following search string was elaborated:

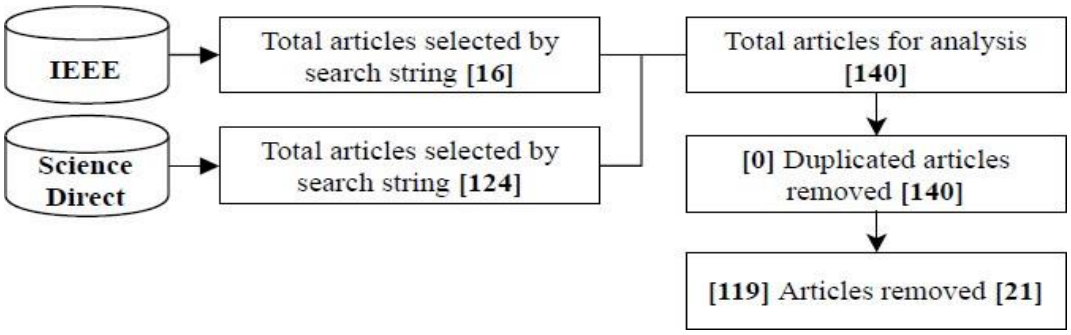
("smart grid") AND ("self-healing") AND ("Genetic Algorithms" OR "Fuzzy Logic" OR "Artificial neural networks" OR "Neural networks" OR "Intelligent Agent" OR "Multi-Agent")

As all researched articles were not aligned with the objective of this research, a screening process was necessary to obtain only the relevant articles. As shown in Figure 1, 140 works were found.

The first step was to analyze the existence of duplicate work, but none were found. Soon after, a review of the titles and abstracts of the studies was carried out, verifying adherence to the theme of the literature review (What AI techniques cited are being employed in self-healing systems to assist in monitoring and restoring power outages in smart grids?), leading to the exclusion of 119 articles. Finally, 21 papers

were selected for coding. After the complete reading of the included papers, they went through a tabulation process whose objective was to select basic information (bibliographic data, date of publication, summary, etc.), and a synthesis of the work was written by the researchers who conducted the review.

Figure 1 – Steps of the selection process.



3. RESULTS AND DISCUSSIONS

This section presents the results and discussions of the data extracted from the 21 studies analyzed. In tables 2 and 3 we categorized the number of articles obtained from each database, by year and by theme. While the research on smart Grid was massive, there was scants narrow amount of research in both IEEE Xplore and Science Direct that involved all three concepts under review. The limited number of publications could be associated with the preliminary publications exploring the combined effects of smart Grid, self-healing, and AI techniques, beginning around 2010.

Table 2 – Number of articles by theme in IEEE Xplore

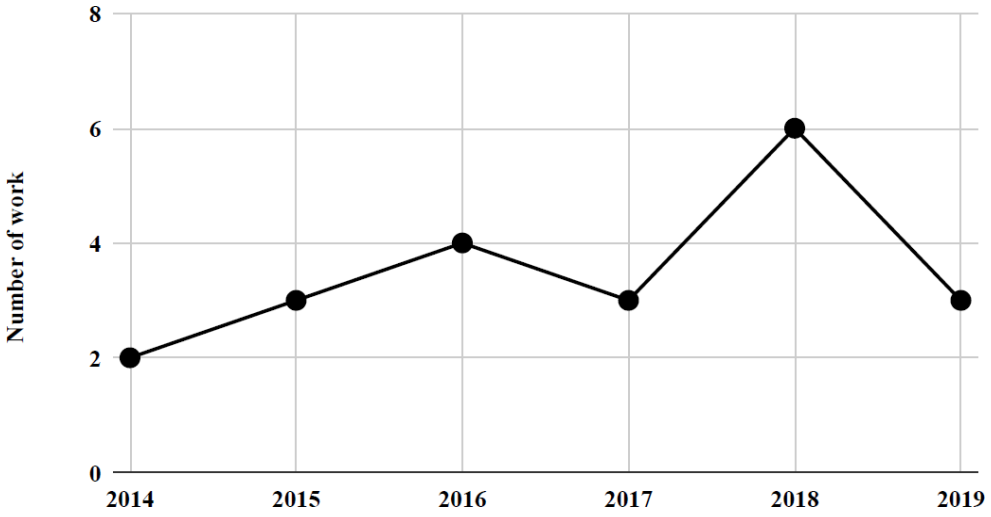
IEEE	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Smart Grid	2777	2925	3311	3329	3639	2142
Smart Grid and Self-Healing	30	21	35	31	34	16
Smart Grid, Self-Healing and Artificial Intelligence	2	1	4	4	2	3

Table 3 – Number of articles by theme in ScienceDirect

ScienceDirect	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Smart Grid	1017	1328	1450	1756	2005	2165
Smart Grid and Self-Healing	39	48	41	41	56	54
Smart Grid, Self-Healing and Artificial Intelligence	20	19	15	17	26	27

According to Figure 2 and responding to the QR1, it is observed that in the databases used in this work in the last three years, there has been a 33 % increase in the number of publications, includingthe three concepts of smart grid, self-healing, and AI techniques compared to previous years. This increased interest demonstrates that researchers are seeking methods to improve smart grid reliability through the use of self-healing and AI applications El-Ghareeb *et al.* (2017).

Figure 2 – Year of publication



The relationship between the most recurrent themes in the articles approached in this work table 4, and the applied artificial intelligence techniques were investigated to responding to the QR2. To evaluate these relationships, we used the attribute agreement analysis, a method available in the Minitab software, housed within the quality tools section. The objective of this analysis was to investigate howthe most prominent characteristics in the articles influence the choice of AI technique.

Table 4 – Characteristics of papers included in the review

Id	References	AI Technique	Featured Features
#1	Kamdar *et al.* (2018), Avila *et al.* (2015), De Santis *et al*. (2015), Dou and Liu (2014), El-Sharafy and Farag (2017), Ji *et al.* (2016), Jain *et al*. (2018), Ghorbani *et al.* (2015), Meskina *et al.* (2018), Ospina and Quijano(2016), Sekhavatmanesh and Cherkaoui (2018), Ren *et al.* (2019), Shirazi and Jadid (2018), Shirazi and Jadid (2019), Tebekaemi and Wijesekera (2019) ,Xia *et al.* (2014)	MAS	Decentralized processing
#2	El-Sharafy and Farag (2017), Jain *et al.* (2018), Oliveira *et al.* (2017), Xia *et al.* (2014)	MAS/FL	Island operation (standalone microgrids)

#3	Avila *et al.* (2015),Dou and Liu (2014), Xia *et al.* (2014), El-Sharafy and Farag (2017), Meskina *et al.* (2018), Sekhavatmanesh and Cherkaoui (2018), Shirazi and Jadid (2019),Oliveira *et al.* (2017), Shiraziand Jadid (2019)	MAS/FL	Forecast (short term)
#4	De Santis *et al.* (2015), Dou and Liu (2014), El-Sharafy and Farag (2017), Meskina *et al*. (2018), Ospina and Quijano (2016), Shirazi and Jadid (2018), Sekhavatmanesh and Cherkaoui (2018), Ren *et al.*(2019), Tebekaemi and Wijesekera (2019)	MAS/FL	Multi objective approach
#5	Shum *et al.* (2016), El-Ghareeb *et al.* (2017), Kamdar *et al.* (2018), Ghorbani *et al.* (2015), Ji *et al.* (2016), Sekhavatmanesh and Cherkaoui (2018), Shirazi and Jadid (2018), Shirazi and Jadid (2019), Abu-Elanien *et al.* (2018), Zhu *et al.* (2016)	MAS/FL/ANN	Speed (processing/reset)
#6	El-Sharafy and Farag (2017), Jain *et al.* (2018), Oliveira *et al.* (2017), Xia *et al.* (2014), Dou and Liu (2014), Sekhavatmanesh and Cherkaoui (2018), Shirazi and Jadid (2019), Ospina and Quijano (2016),Ren *et al.* (2019)	MAS/FL	Demand response (load management, DES)
#7	Xia *et al.* (2014), Tebekaemi and Wijesekera (2019)	MAS	Provides attack security

Fuzzy Logic (FL), Multi-Agent Systems (MAS), Artificial Neural Networks (ANN), Distributed Energy Storage (DES)

The strongest relations found in the analysis are presented in table 5. The results demonstrated a strong relationship between a decentralized processing approach and the option to use multi-agents one. Nineteen out of the 21 articles matched; representing 90.48 % of the total papers (95 % CI: 69.62;98.83). The second strongest relation was the works involving processing speed, with only 11 matched articles, representing 52.38 % (95 % CI: 29.78; 74.29). The conclusion is that only the first relationship is accepted as significant, all the others are discarded. The verification performed using Pearson correlation, in Minitab, confirms this result by analysis of the P-values.

Table 5 – The strongest relations found

Analyzed Attributes	Matched	Percent	95 % Confidence Interval (CI)
Decentralized processing and Multi-Agent System	19	90.48	(69.62; 98.83)
Speed (processing/reset) and Multi-Agent System	11	52.38	(29.78; 74.29)
Multiobjective approach and Multi-Agent System	10	47.62	(25.71; 70.22)
Demand response (load management, DES) and Multi-Agent System	39	47.62	(25.71; 70.22)
Forecast (short term) and Multi-Agent System	20	42.86	(21.82; 65.98)

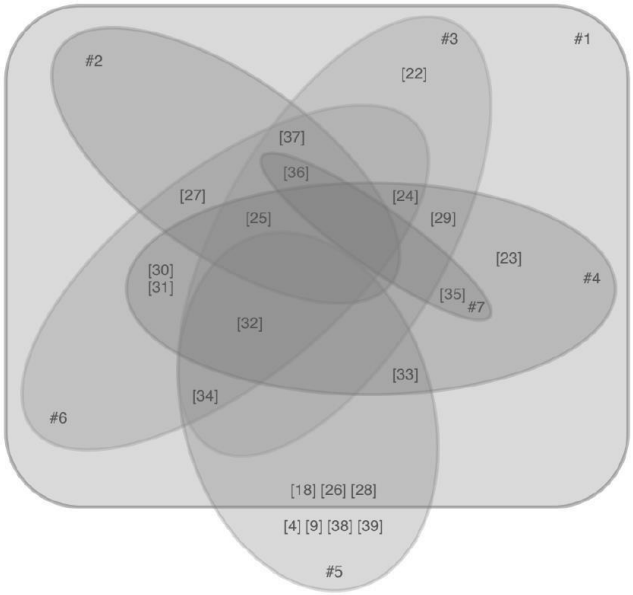
Distributed Energy Storage (DES).

Responding to the QR3, among the selected papers that constituted this review, 85 % are associated with the use of intelligent agents, which demonstrates that this technique is currently the most used. Their popularity may be related to their ability to act autonomously and be adaptable by learning through interaction with their environment and adapting to changes in operating conditions. Furthermore, these systems act in a decentralized manner (OSPINA and QUIJANO, 2016). This feature is in line with the modeling of a Smart Grid, in which the concept of decentralization is highlighted.

As already demonstrated, the search string used in this work consisted of several AI techniques, but no search was found applying genetic algorithms (GA) focusing on self-healing. As much as some works like (ABU-ELANIEN *et al.*, 2018) and (DE SANTIS *et al.,* 2015) report that using GA, with other objectives, leads to an improvement in the network's ability to self-recover.

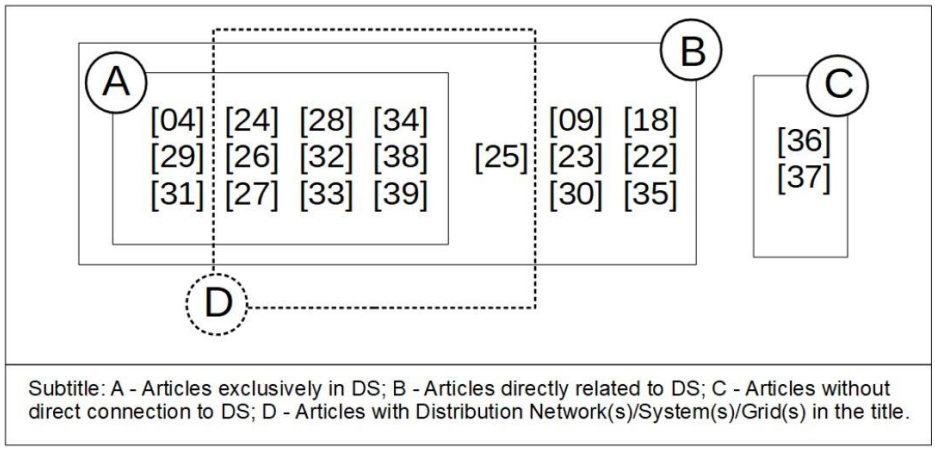
The information in table 4 can be presented in a graphic format, allowing the visualization of similarity or thematic proximity between articles, as can be seen in figure 3. This representation is useful for identifying works with similar or opposite approaches and little-explored combinations.

Figure 3 – Graphic format of the most recurrent themes



Regarding the application area and responding to the QR4, it is assessed that 19 of the 21 articles have a direct relationship with Distribution Systems (DS), of which 12 are developed exclusively in DS. Only two studies, Xia et al. (2014) and Oliveira et al. (2017), do not have a direct relationship with DS, dealing with isolated operation situations. Few works, such as Avila *et al.* (2015) and Tebekaemi and Wijesekera (2019), address the topic of Transmission. This dominance of the distribution area can be easily seen by the fact that 10 of the articles have in their titles one of the following terms: Distribution Network(s), Distribution System(s), or Distribution Grid(s). The analysis of this aspect is represented in figure 4.

Figure 4 – Application area of the articles



The following sections summarize the main objectives and characteristics of the works selectedfor this literary review. Based on this information, it is possible to identify

how the AI techniques are being employed in self-healing systems to assist in monitoring and restoring power outages in smart grids.

3.1 Fuzzy logic and/or artificial neural networks

Researchers required to recognize information integral to determining a typical failure condition amid a large amount of information available on an intelligent network like the smart-grid system found in Rome (Italy) (DE SANTIS *et al.,* 2015). The researchers tried to design an efficient recognition model, through the use of fuzzy sets, to discern potential failures in a real smart grid system. Avoiding such failures or recovering from them quickly, if possible, automatically, is of interest to both the system operator and the consumer.

The work of Oliveira *et al.* (2017) proposes a methodology for the management of smart micro-networks, which keeps the largest possible amount of time in the energy supply. This work uses a method, that considers which renewable energy sources are available, and also the energy currently stored. A method based on fuzzy logic establishes the control actions of the micro-networks. The ANFIS is a development tool for forecast construction, described in the works of Liang and Cheng (2002) and Lopes *et al.* (2005), which uses fuzzy logic and provides data to the controller so that he can make decisions. Considering the data recorded in the database it is possible to forecast the charge/energy generation for the next half hour, forming a history used in the forecast. Forecasting actions are performed offline and treated as inputs to the network controller.

The article by Abu-Elanien *et al.* (2018), presents several approaches to the problem of automatic reconfiguration of the distribution network. The artificial intelligence techniques, as fuzzy logic and artificial neural networks, include variations in the modeling of the problem and method options for the solution. The evaluation of the advantages and disadvantages of each and comparisons between them is highlighted to guide future research. The evolution of measurement infrastructure, distributed generation, and storage devices are used to achieve the proposed objectives.

3.2 Intelligent agents

The research of Dou and Liu (2014) brings a hierarchical strategy of management and control of the distribution network, reaching a considerable insertion of the distributed resources. The structure system is composed of multiple agents, through intelligent switching of operations. Simulations carried out verified that, following the occurrence of considerable disturbances in the network and load changes, the hierarchical hybrid control, build on the Multi-Agent system, could maintain better performance, about safety and stability, in addition to a minimum operational cost.

A structure, build on two layers, containing multi-agents, for the development of a self-healing smart grid was proposed by Xia *et al.* (2014). The system stability is guaranteed by the highest layer using the multi-step Taylor series function method, based on data from the wide-area measurement system. The lower layer, within the multi-agent, protects the system through effective failure prevention and proper coordination. The mentioned structure shows the smart grid self-healing ability, to safeguard itself preventing failures and coordinating generations, in both reliable and flexible manners.

The authors' proposal Avila *et al.* (2015), consists of a multi-agent system, capable of restoring automatically the energy distribution networks. As a contribution of the work, it presents an algorithm capable of forecasting demand in the short term, being that this forecasting capability is used to acquire the restoration based on the capacity. To demonstrate the feasibility and importance of the forecast methodology, the mentioned algorithm is executed to provide the restoration in two different categories, by including or not the technique of forecasting.

The work of Ghorbani *et al.* (2015) makes use of multi-agent systems to locate, isolate, and restore faults in power distribution systems. Considering the distribution system, in case of an existing failure, the multi-agent system is capable of rapidly isolates the fault and perform the service restoration in the fault-free zones. The agents integrate the operation to advantageous centralize or decentralize the coordination strategies, through coordination hierarchically systematized. The proposed multi-agent system comprises the zone (AZ), feeders (AA), and substation agents. The AZ is responsible to locate and isolate the fault considering the provided local information and assists AA to perform the reconfiguration and restoring. A new mechanism used

to support make-decision, called Q-learning, isadded to AA for the restoration process.

The reference of Ospina and Quijano (2016) presents a model capable of optimizing and either minimize the load shedding, necessary to restore the balance during system operation, in a fault condition as a loss of generation, considering in this condition the energy distributed by the generators. In the same way, the model considers in each node, the relevance of a load under the new demand. The mathematical modeling is developed, as well as the coordination algorithm of the distributed energy resources. The adopted approach is based on multi-agent systems, and several applications are studied with game theory tools.

According to Ji *et al.* (2016), the ability to self-correct failures in the distribution network is a problem of optimization of multi-objective, multi-temporal, and multidimensional configuration. The approach used is based on a multi-agent system, where an automatic recovery architecture is built. The bidirectional flow characteristic of smart grids, made possible by the presence of distributed generationfrom renewable sources, is used for this purpose.

Reference Shum *et al.* (2016) presents approaches, specified in the FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents, to create models and simulations, taking into account protocols related to the multi-agent system. The approach uses a simulation platform to investigate multidisciplinary interdependence among the multi-agent, communication, and electrical systems. To show the benefits, the researches highlight the effect in the system performance due to different configuration in the network.

The work of Zhu *et al.* (2016) addresses the use of self-healing, in the distribution network, through services for troubleshooting, isolation, and restoring, employing resources as multiple interacting intelligent agents and mining technology, and others as parsing of a big quantity of information. This work employs new technologies, such as relays applicable to power networks, developed under new processing techniques, in addition to proposing the use of agents, who recover services from the distribution network, being regulators and buses, from state and sub-state. The implementation of the system with multiple agents uses the Java programming language and JADE (Java Agent Development Framework).

Systems adopting the multiple agent concepts implement techniques for fault location isolation, as algorithms to smart grids self-recover, specifically in the energy distribution system, associated with MATLAB SIMULINK and FIPA-ACL. According to

(MAN, 1995) the energy distribution system acts as a standard of communication between agents. The developed algorithm helped to locate and isolate single and multiple faults in a few seconds, which previously occurred manually in a time between 35 to 70 minutes.

The research carried out by El-Sharafy and Farag (2017) proposes, for an environment containing multiples agents, a process for distributed restoration in the network, considering a solution based on intelligent distribution on networks, grouped in multi-networks. Load, distributed generation, and combined load - distributed generation transfer is introduced, to transfer the energy among near microgrids during the restoration. The researchers take into account the ability to form non-predefined island micro-networks, post-restoration, and maximizing service restoration. Finally, an algorithm, widely evaluated concerning its effective ness and robustness, that uses the optimal asynchronous partial overlay (OptAPO) technique is used in a multi-agent environment to solve distributed problems, through the search for a distributed constraint agent.

The authors Jain *et al.* (2018) developed an algorithm, built under a robust and consistent architecture for compatible agent functions, to automatically perform the restoration of distribution system services, which have distributed energy resources, including or not the micro-network capability. The restoration algorithm object (based on the distributed Prim algorithm), is the formationof the operational microgrids, that have considerable sizes, and sections coupled up to the network, ornot connected to it, after the interruption. These actions improve the stability of the system, minimizing the susceptibility to changes in the load and demand by aggregation.

The paper in Sekhavatmanesh and Cherkaoui (2018) adopts the multi-agent concept in the smart grid and applies it to create a structure capable of recovering itself applicable for the catering activities.Then an interaction mechanism was assigned to an agent, to provide a model, of a part of the network, that would integrate the restoration process, with less switching operations possible, using an optimization technique, in the gurobi tool, to recover maximum loads. This proposal, being a global solution, is highly scalable, not requiring high-performance processors in order to achieve the required precision, according to tests carried out on distribution network, with 70 buses, modeled in the Matlab/Yalmip environment.

The objective of Meskina *et al.* (2018) is to present the research and application of systems, which are capable of detect failures, perform isolation and recovery

systems adopting a hierarchy and distributed system, which containing multiples agents.

According to Kamdar *et al.* (2018), even though the smart grid performs continuously and confidently supply to the end-user, it is inevitable that failures and interruptions occur. The use of automation can mitigate these problems, considering that this work offers an approach not centralized, by adopting a system structure of multiples agent and deployed in the Virtual Test Bed and LabVIEW platforms to obtain the network restoration in a fast and reliable way.

The work in Shirazi and Jadid (2018) proposes a method build on agent perspective to provide restoration in intelligent distribution systems to the services involved in it. It was suggested the use ofthree agent types as the feeders, zone, and switching, which can provide both communication and cooperating, employing services provided to the customers for which the services are not working properly. Local data is the base to perform the restoration and is compound by system information as the condition, the location where the fault has occurred, and the operational boundaries. Several scenarios were considered to have comparisons in the approach, by using multiple agents including several conditions for the loading.

Similarly, the work of Shirazi and Jadid (2019) purposes the method, build on agent perspective, including the distributed generation (DG) agent in the architecture comprised by the feeder, zone, and switching agents. Agents can provide communication and cooperate through services provided to the customers for which the services are not working properly. Through the DG agent, in conjunction withan artificial neural network, the forecast of distributed generation is carried out. A plan was defined to restore the services according to data from the local as the conditions, limitations, and the site of the failure. Several scenarios were considered to have comparisons, considering the configuration with DGor without it, in the approach using multiple agents including several conditions for the loading.

In Tebekaemi and Wijesekera (2019), a communication model for autonomous and decentralized control of an intelligent network is presented. It is expected that this network will be ableto protect it self and recover from both physical disorders and cyber-attacks. The proposed decentralized communication structure (JADE), together with intelligent electronic devices (IEDs), forming a Multi-Agent System (MAS), allows the intelligent reconfiguration of the distribution network in an autonomous way.

Finally, Ren *et al.* (2019) propose a method build on an agent to maintain the

smart grid reliable during the process to rebuild it, taking into account the load balancing for an architecture compounded by multiples agents. The strategy to recover the grid capacity regards the reinforcement learning adopting an algorithm called Wolf Pack (WPA). In this approach, researchers take into account the limitations of the network as well as the dynamic load of the system, creating a simulation of the physical entities through differentiation and abstraction of various agents integrated into the WPA algorithm, which is executed to create an optimized and more reliable scenario, compensating for load balancing. The network was modeled in JAVA in two scenarios to be validated in terms of reliability and expandability of the optimized objects, for different restoration scenarios.

4. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

Considering the importance of self-healing for smart grids and the feasibility of applying AI techniques, this literature review presented that there are under-explored spaces for research on this subject. Research that investigates the application of techniques, other than MAS and comparing performance between them can yield interesting work. The results of the Attribute Agreement Analysis indicate that the definition of the main characteristics of a case study can substantiate the process of choosing the technique which deserves further investigation.

This article can also help students and researchers write future literature reviews. This review is also intended to serve as an example for the preparation of well-structured literature reviews by students in the field. Finally, this work is aligned with the principles of knowledge assessment, dissemination, and popularization, seeking to accelerate the development process.

As future work, an area currently highlighted is the use of Vehicle-to-Grid (V2G), a technology that allows electric (or hybrids) vehicles to supply power to the distribution network in specific situations, avoiding interruptions or helping to restore supply and reducing consumption peaks, allowing for a more economical dimension of the system. According to Kempton and Tomić (2005), the use of AI in V2G for energy management is one of the most promising applications since the provision of this service leads to payments to the vehicle owner. The use of the vehicle's idle time by V2G can compensate part of its life cycle cost without affecting the availability required by the driver.Parsons *et al.* (2014) highlight that all of these benefits can be

maximized with proper use of AI methods, thus being a possibility for future studies. Another proposal for future work, it is suggested to expand the search string used in research methodology, including new AI techniques such as machine learning and deep learning. Also, it is interesting to include new databases in the research, as possible new relevant works can be found and added, improving the state of the art of this research.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank teacher Pedro Paulo Balestrassi, for his contribution to data analysis, especially in the accurate use of Minitab software tools.

REFERENCES

ABU-ELANIEN, A.E., SALAMA, M., SHABAN, K.B., 2018. Modern network reconfiguration techniques for service restoration in distribution systems: A step to a smarter grid. Alexandria engineering journal 57, 3959–3967.

AMIN, S.M., WOLLENBERG, B.F., 2005. Toward a smart grid: power delivery for the 21st century. IEEE power and energy magazine 3, 34–41.

AVILA, N.F., SOO, V.W., YU, W.Y., CHU, C.C., 2015. Capacity-based service restoration using multi-agent technology and ensemble learning, in: 2015 18th International Conference on Intelligent System Application to Power Systems (ISAP), IEEE. pp. 1–6.

BROWN, R.E., 2008. Impact of smart grid on distribution system design, in: 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting-Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, IEEE. pp. 1–4.

CARNWELL, R., DALY, W., 2001. Strategies for the construction of a critical review of the literature. Nurse education in practice 1, 57–63.

CRONIN, P., RYAN, F., COUGHLAN, M., 2008. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. British journal of nursing 17, 38–43.

DE SANTIS, E., LIVI, L., SADEGHIAN, A., RIZZI, A., 2015. Modeling and recognition of smart gridfaults by a combined approach of dissimilarity learning and one-class classification. Neurocomputing170, 368–383.

DOE, U., 2003. Grid 2030: A national vision for electricity's second 100 years. US DOE Report, 137–140.

DOU, C.X., LIU, B., 2014. Hierarchical management and control based on mas for distribution grid via intelligent mode switching. International Journal of Electrical Power & Energy Systems 54, 352– 366.

EL-GHAREEB, A.E., MOUSA, H.M., EL-SISI, A.B., 2017. Intelligent agent for smart grid fault location isolation using simulink, in: 2017 12th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES), IEEE. pp. 550–555.

EL-SHARAFY, M.Z., FARAG, H.E., 2017. Back-feed power restoration using distributed constraint optimization in smart distribution grids clustered into microgrids. Applied Energy 206, 1102–1117.

ELGENEDY, M., MASSOUD, A., AHMED, S., 2015. Smart grid self-healing: Functions, applications, and developments, in: 2015 First Workshop on Smart Grid and Renewable Energy (SGRE), IEEE. pp. 1–6.

ERGEG, 2009. European regulators' group for electricity and gas. position paper on smart grids. an ergeg public consultation paper. ref: E09-eqs-30-04.
FONSECA, J.R.L.D., 2017. Aplicação da técnica de self healing na reconfiguração

automática de redeselétricas utilizando o padrão IEC 61850. Master’s thesis. Brasil.

GHORBANI, M.J., CHOUDHRY, M.A., FELIACHI, A., 2015. A multiagent design for power distribution systems automation. IEEE Transactions on Smart Grid 7, 329–339.

GIORDANO, V., MELETIOU, A., COVRIG, C.F., MENGOLINI, A., ARDELEAN, M., FULLI, G., JIMÉNEZ, M.S., FILIOU, C., 2013. Smart grid projects in europe: lessons learned and current developments: 2012 update. Publications Office of the European Union.

JAIN, R., LUKIC, S., LUBKEMAN, D., 2018. Multi-agent distributed service restoration scheme for distribution systems with embedded microgrids, in: 2018 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D), IEEE. pp. 1–5.

JI, X., JIAN, L., YAN, X., HUI, W., 2016. Research on self healing technology of smart distribution network based on multi agent system, in: 2016 Chinese Control and Decision Conference (CCDC), IEEE. pp. 6132–6137.

KAMDAR, R., PALIWAL, P., KUMAR, Y., 2018. Labview based multi-agent approach towards restoration in smart grid. Materials Today: Proceedings 5, 4684–4691.

KEMPTON, W., TOMI¢, J., 2005. Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy. Journal of power sources 144, 280–294.

LIANG, R.H., CHENG, C.C., 2002. Short-term load forecasting by a neurofuzzy based approach. International journal of electrical power & energy systems 24, 103–111.

LISERRE, M., SAUTER, T., HUNG, J.Y., 2010. Future energy systems: Integrating renewable energy sources into the smart power grid through industrial electronics. IEEE industrial electronics magazine4, 18–37.

LOPES, M.L.M., MINUSSI, C.R., LOTUFO, A.D.P., 2005. Electric load forecasting using a fuzzy art&artmap neural network. Applied soft computing 5, 235–244.

MAN, L., 1995. Standards Committee of the IEEE Computer Society, Draft Standard Information Technology - Local and Metropolitan Area Networks. Part 12: Demand Priority Access Method, Physical Layer and Repeater Specifications for 100 Mb/s Operation, Draft 8.0.

MESKINA, S.B., DOGGAZ, N., KHALGUI, M., LI, Z., 2018. Reconfiguration based methodologyfor improving recovery performance of faults in smart grids. Information Sciences 454, 73–95.

OLIVEIRA, D., DE SOUZA, A.Z., SANTOS, M., ALMEIDA, A., LOPES, B., SAAVEDRA, O., 2017. A fuzzy-based approach for microgrids islanded operation. Electric Power Systems Research149, 178–189.

OSPINA, A.M., QUIJANO, N., 2016. Distributed control of small-scale power systems using non cooperative games. International Journal of Electrical Power & Energy Systems 82, 535–544.

OUALMAKRAN, Y., MELENDEZ, J., HERRAIZ, S., 2012. Self-healing for smart grids: Problem formulation and considerations, in: 2012 3rd IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe), IEEE. pp.1–6.

PARSONS, G.R., HIDRUE, M.K., KEMPTON, W., GARDNER, M.P., 2014. Willingness to pay for vehicle-to-grid (v2g) electric vehicles and their contract terms. Energy Economics 42, 313–324.

REN, Y., FAN, D., FENG, Q., WANG, Z., SUN, B., YANG, D., 2019. Agent-based restoration approach for reliability with load balancing on smart grids. Applied energy 249, 46–57.

RIGAS, E.S., RAMCHURN, S.D., BASSILIADES, N., 2014. Managing electric vehicles in the smart grid using artificial intelligence: A survey. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 16, 1619–1635.

SEKHAVATMANESH, H., CHERKAOUI, R., 2018. Distribution network restoration in a multiagent framework using a convex opf model. IEEE Transactions on Smart Grid 10, 2618–2628.

SHIRAZI, E., JADID, S., 2018. Autonomous self-healing in smart distribution grids using agent systems. IEEE Transactions on Industrial Informatics 15, 6291–6301.

SHIRAZI, E., JADID, S., 2019. A multiagent design for self-healing in electric power distribution systems. Electric Power Systems Research 171, 230–239.

SHUM, C., LAU, W.H., WONG, T., MAO, T., CHUNG, S., TSE, C., TSANG, K.F., LAI, L.L., 2016. Modeling and simulating communications of multiagent systems in smart grid, in: 2016 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (Smart GridComm), IEEE. pp. 405–410.

SPATTI, D.H., 2011. Automatização de processos de detecção de faltas em linhas de distribuição utilizando sistemas especialistas híbridos. Ph.D. thesis. Universidade de São Paulo.

TEBEKAEMI, E., WIJESEKERA, D., 2019. Secure overlay communication and control model for decentralized autonomous control of smart microgrids. Sustainable Energy, Grids and Networks 18, 100222.

TONG, C., CAI, Y., ZHANG, Z., WANG, Q., GAO, Y., LI, J., WEI, B., YU, D., 2017. Artificial intelligence-based lightning protection of smart grid distribution system, in: 2017 International Symposium on Lightning Protection (XIV SIPDA), IEEE. pp. 279–286.

VANAJAKSHI, L., RAMADURAI, G., ANAND, A., 2010. Intelligent transportation systems: Synthesis report on its including issues and challenges in india. Centre of Excellence in Urban Transport, Indian Institute of Technology Madras. December 2010 .

WU, L., GAO, J., WANG, Y., HARLEY, R.G., 2017. A survey of contingency analysis regarding steady state security of a power system, in: 2017 North American Power Symposium (NAPS), IEEE. pp. 1–6.

XIA, S., LUO, X., CHAN, K.W., 2014. Aframework for self-healing smart grid with incorporation of multi-agents. Energy procedia 61, 2123–2126.

ZHANG, A., LI, Y., HUANG, Y., HUANG, F., LIU, Z., 2018. Research on widearea protection and control scheme for closed-loop distribution network, in: 2018 International Conference on Power System Technology (POWERCON), IEEE. pp. 299–304.

ZHENG, Y., CONG, W., 2017. Distributed fault self-healing system and identification and management method for topology of the smart distribution network, in: 2017 8th International Conference on Mechanical and Intelligent Manufacturing Technologies (ICMIMT), IEEE. pp. 148– 153.

ZHU, Z., DUAN, B., YANG, Z., YIN, Q., CHEN, J., 2016. A multi-agent and big data self-healing scheme for active distribution network with inverter-based distributed generators, in: 2016 IEEE Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT-Asia), IEEE. pp. 972–977.

CAPÍTULO 09

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS MAIS RELEVANTES DE ÁGUA DE USO DOMÉSTICO

Maria Lucia Teixeira Guerra de Mendonça
Doutora em Ciências – Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) – Campus Rio de Janeiro
E-mail: maria.mendonca@ifrj.edu.br

Rosana Petinatti da Cruz
Doutora em Ciências – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – CUTUR – Seropédica
E-mail: rosanapetinatti@gmail.com

Jose Marcus Godoy
E-mail: jmgodoy@puc-rio.br

Antônio José Teixeira Guerra
Doutor em Soil Erosion – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Departamento de Geografia – Ilha do Fundão
E-mail: antoniotguerra@gmail.com

Maria do Carmo Oliveira Jorge
Doutora em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Departamentode Geografia – Ilha do Fundão
E-mail: orofila@gmail.com

RESUMO: Atualmente, devido ao crescimento populacional e à falta de planejamento do uso da água,está ocorrendo uma crise no abastecimento desse recurso, sendo necessária a utilização de poços artesianos, o que confirma a relevância deste estudo. O objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros físico-químicos mais relevantes para verificar a qualidade da água de poços artesianos no Município de Seropédica-RJ, utilizando técnica estatística multivariada. A metodologia utilizada foi a coleta de 16 amostras, análises físico-químicase utilização da Análise de Componentes Principais (PCA). Os resultados analíticos usando a PCA forneceram quatro componentes principais, explicando 70,72 % da variância total.Foram analisados 38 parâmetros, mas após a aplicação da Análise de Componentes Principais, houve uma redução para 10 parâmetros mais relevantes. Conclui-se que para a população que utiliza esse tipo de água, o trabalho mostrou suas características e qualidade, deixando os moradores cientes para decidir entre mudar ou não a forma de uso.Os dados também contribuem para o monitoramento da qualidade da água, indicando quais fatores são mais influentes nos parâmetros.

PALAVRAS-CHAVE: Água; Análise de componente principal; Poços artesianos.

ABSTRACT: Nowadays, due to the population growth and the lack of planning for water use, a crisis is taking place in the supply of this resource, therefore the use of artesian wells is necessary which confirms the relevance of this study. The objective of this work was to determine the most relevant physical and chemical parameters in

order to verify the water quality ofartesian wells in the Municipality of Seropédica-RJ, using multivariate statistical technique. The methodology used was the collection of 16 samples, physico-chemical analyzes and use of Principal Component Analysis (PCA). The analytical results using the PCA provided four main components, explaining 70.72 % of the total variance. 38 parameters were analyzed, but after the application of Principal Component Analysis, there has been a reduction to 10 most relevant parameters. It is concluded that for the population that uses this type of water, the work showed its characteristics and quality, leaving the inhabitants aware to decide between changing or not the form of use. The data also contributes to the monitoring of water quality, indicating which factors are most influential in the parameters

KEYWORDS: Water; Principal component analysis; Wells.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da qualidade da água subterrânea é de extrema importância, sobretudo em áreas rurais, onde é corriqueira a perfurações de poços para abastecimento de residências, e que muitas vezes são realizadas sem haver acompanhamento da qualidade da água utilizada pela comunidade (SOARES *et al.,* 2019).

Leite e Oliva (2019) estudaram a caracterização da subsuperfície e também fizeram a análise da qualidade de água para consumo na Vila de São Joaquim do Ituquara (Baião, Pará), o local é abastecido com poços artesianos, não existindo uma estação pública de saneamento ou tratamento de água na região, foram realizadas análises fisico-químicas e microbiológicas, constatando que a água era inadequada para consumo humano devido concentrações altas de coliformes e também o pH era ácido, o que pode levar a problemas de saúde.

Ressalta-se, contudo, que a utilização pelo homem dos recursos naturais, em diversas atividades, como agrícola, industrial e urbana, juntamente com os processos da natureza, como chuva, intemperismo das rochas e erosão do solo podem modificar a qualidade da água, tornando-a inadequada para determinados usos (MENDIGUCHÍA *et al.,* 2004). Portanto, a verificação da qualidade da água é essencial, embora devamos levar em conta que esse procedimento acarreta uma quantidade enorme de dados, que são difíceis de serem interpretados (LIAO *et al.*, 2008).

Desta forma, a utilização de análise estatística multivariada, como a Análise do Componente Principal (PCA), é bastante utilizada para reduzir a quantidade de dados, semperder as informações, realizando associações e correlações entre as variáveis (ANDRADE *et al.,* 2007), o que torna o processo menos oneroso e mais rápido.

Na literatura, vários autores têm utilizado Análise do Componente Principal (PCA), em seus trabalhos, para o gerenciamento dos recursos hídricos e para a obtenção de informações importantes a partir dos resultados, como Zeng e Rasmussen (2005), Zhang *et al.* (2010), Yidana e Yidana (2010), Satheeshkumar e Khan (2012) e Guedes *et al.* (2012).

Os trabalhos citados indicam a necessidade de definir parâmetros mais relevantes a serem analisados para qualificar a água de poços artesianos tomando como base aresolução do CONAMA 398/2008 (2008), do Município de Seropédica-

RJ.

2. METODOLOGIA

2.1 Localização e caracterização da área

O Município de Seropédica apresenta características rurais, devido a presença de muitos sítios, chácaras e fazenda, e também características urbanas acentuadas, localiza - se na Baixada Fluminense, no Estado do Rio de Janeiro (Figura 1), apresentando as coordenadas 22°44′29″S e 43°42′18″W, com uma área de territorial de aproximadamente 284 km². Fica na posição de 31º mais populoso do estado (IBGE, 2012), com uma população estimada, no ano de 2014, em 82.090 habitantes.

O clima predominante na região é o Aw - clima tropical (chuvas no verão), segundo a classificação de Köeppen, com precipitação média anual de 1.213 mm e temperatura média anual de 25,5 ºC (CPTEC/ INPE, 2016).

Vários rios cortam o município, dos quais destacam-se: Piraquê, Piraí, Lajes e Guandu. Os solos são Planossolos, tipo de solo associado a antigas áreas de floresta tropical e ao relevo plano, ou suavemente ondulado, das Planícies Litorâneas e Colinas Costeiras da Região dos Lagos e da Baixada Fluminense (BRASIL, 2008).

O Município de Seropédica apresenta um nível de fragmentação de paisagem elevado e também alguns problemas ambientais provocados pela ocupação urbana desordenada, com a mudança de áreas naturais em pastagem e também áreas com intensa atividade industrial, por estar situado próximo à Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Além disso, outra grande ocorrência adversa, no município, é a extração de areia do solo, ação muitas vezes ilegal, o que formam grandes cavas, denominadas areais, no leito e ao longo das margens do rio Guandu.

2.2 Coleta de amostras

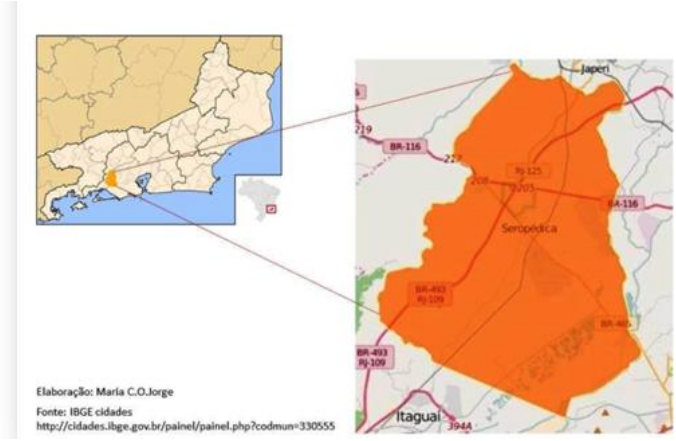
Os poços foram selecionados em razão de sua disponibilidade, utilização e de maneira a ser representativos da região, 10 amostras foram da região urbana, em localidades diferentes e as 6 restantes, de locais mais afastados, sítios, para se poder fazera diferenciação ou não entre as localidades (figura 1).

As coletas de amostras foram realizadas durante os meses de março a

novembro, sendo feitas com garrafas de polietileno de 500 ml, que anteriormente foram lavadas com água destilada e secas ao ar.

Essas coletas foram feitas em poços artesianos, com profundidade variando de 2 ma 15 m, num total de 16 amostras, que foram armazenadas em caixa de isopor com gelo, no ato da coleta, transportadas e, posteriormente, armazenadas em geladeira, no Laboratório de Caracterização de Águas do Departamento de Química da Pontifícia Universidade Católica (PUC-RJ).

Figura 1 - Localização do Município de Seropédica (área de estudo)



Fonte: Os Autores.

2.3 Análise das amostras

Os parâmetros analisados foram: cor aparente, cor real, pH, condutividade, resíduo, dureza total, dureza permanente, dureza temporária, carbonato, bicarbonato, alcalinidade total, fluoreto, cloreto, brometo, nitrato, fosfato, sulfato, sódio, potássio, magnésio, cálcio, lítio, alumínio, silício, escândio, titânio, vanádio, cromo, manganês, ferro, cobalto, níquel, cobre, zinco, estrôncio, bário e SiO2, totalizando 38 parâmetros analisados.

Os métodos utilizados para as análises físico-químicas deste trabalho foram todos preconizados pela American Public Health Association (APHA, 1998). As análises de pH, turbidez e condutividade elétrica foram utilizados os equipamentos peagâmetro, turbidímetro e condutivímetro respectivamente; resíduo pelo método gravimétrico; dureza total, dureza permanente, dureza temporária, carbonato, bicarbonato, alcalinidade total e cloreto, por titulometria; fluoreto, brometo, nitrato, fosfato, sulfato por cromatografia de íons e os cátions por espectrofotômetro de absorção atômica, todas as análises foram feitaspelo Laboratório de Caracterização

de Águas, do Departamento de Química, da PUC-Rio de Janeiro.

2.4 Métodos estatísticos multivariados

O procedimento inicial foi a padronização dos dados, para que o fator escala não influenciasse em nenhuma variável, ou seja, para que uma variável de escala maior, com maior módulo de variância, não influenciasse no resultado, em detrimento de uma variável de escala menor. Esse procedimento eliminou o problema de escalas e unidades diferentesem que cada variável foi medida (MINGOTI, 2013).

Foi feita a matriz de correlação, que indica a relação entre duas variáveis lineares, em que os valores sempre variam entre +1, significando uma correlação perfeita e -1, significando uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis, isto é, se uma aumenta, a outra variável sempre diminui (MINGOTI, 2013).

O intuito da Análise de Componente Principal (PCA) é a diminuição da complexidade dos dados multivariados e a percepção da relação entre eles. Essa análise (PCA) consiste na transformação linear de “n” variáveis originais em “n” novas variáveis, criando um novo conjunto de variáveis, denominadas de componentes principais, de modo que a primeira nova componente explique a maior variabilidade possível no conjunto de parâmetros; a segunda, pela maior variabilidade possível restante, e assim sucessivamente (LANDIM, 2011).

A contribuição de cada variável, na Análise de Componente Principal (PCA), é chamada de peso, carregamento ou loading. Este é obtido a partir da matriz de variância-covariância amostrais. Os autovalores e os autovetores são propriedades geométricas de uma matriz. Os autovalores são as raízes de uma equação polinomial e os autovetores são as componentes ortogonais de cada autovalor. A orientação dos autovetores, no espaço multivariado, é orientada pela direção da máxima variância. Para essa maximização, utilizou-se a rotação Varimax.

Na Análise de Componente Principal (PCA), empregou-se o procedimento de rotação ortogonal, utilizando o método Varimax. A seleção do número de componentes foi feita baseada no trabalho de Jolliffe (2002), que propõe que a porcentagem acumulada da variância total, quando apresenta um valor acima de 70 %, possibilita uma representação razoável da variância total.

Em suma, a análise estatística foi feita da seguinte maneira:

1- padronização;

2 -matriz de correlação e

3- Análise de Componente Principal (PCA).

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software Statistica 6.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matriz de correlação, mostrou que apenas a variável cor real não apresentou correlação com nenhuma outra variável (Tabela 1), todas as outras variáveis apresentaram correlação superior a 0,5 em pelo menos uma outra variável de qualidade da água.

Tabela 1 - Variáveis correlacionadas extraídas da matriz de correlação 38 x 38 dos parâmetros analisados

Parâmetros	**Variáveis Correlacionadas**
Cor Aparente	Turbidez, Ti e Fe
Cor Real	Nenhuma
Turbidez	Cor Ap, Si, Sc, Ti e SiO_2
pH	DTp, HCO_3^-, Alc, F^-, Ca, -Al, e Sr
Condutividade	Res, DT, DTp, HCO_3^-,Alc, F^-, Cl^-, Br^-, Na, k, Mg, Ca e Sr
Resíduo	Cond, DT, DTp, HCO_3^-,Alc, F^-, Cl^-, Br^-, Na, k, Mg, Ca e Sr
Dureza Total	Cond, Res, DTp, HCO_3^-,Alc, F^-, SO_4^{2-}, K, Mg, Ca e Sr
Dureza Permanente	NO_3^-, Zn e Ba
Dureza Temporária	pH, Cond, Res, D.T., HCO_3^-,Alc, F-, SO_4^{2-}, K, Mg, Ca e Sr
Carbonato	V
Bicarbonato	pH, Cond, Res, DT, DTp, Alc, F^-, K, Mg, Ca e Sr
Alcalinidade	pH, Cond, Res, DT, DTp, HCO_3^-, F^-, SO_4^{2-}, K, Mg, Ca e Sr
Fluoreto	pH, Cond, Res, DT, DTp, HCO_3^-, Alc, Mg, Cr e Sr
Cloreto	Cond, Res, Br^-, Na, K, Mg, Li, e Ba
Brometo	Cond, Res, Cl^-, Na, Li, Si, Sc, Ti e SiO_2
Nitrato	DP, Zn e Ba
Fosfato	Cr
Sulfato	DT, DTp, Alc, Ca, e V
Sódio	Cond, Res, Cl^-, Br^-, K, Mg, Li e Ba
Potássio	Cond, Res, DT, DTp, HCO_3^-,Alc, Cl^-, Na, Mg, Ca, Cu, e Sr
Magnésio	Cond, Res, DT, DTp, HCO_3^-,Alc, F^-, Cl^-, Na, K, Ca e Sr

Cálcio	pH, Cond, Res, DT, DTp, HCO_3^-,Alc, F^-, SO_4^{2-}, K, Mg, e Sr
Lítio	Cl^-, Br^-, Na, Si, Sc, Ti, Mn e SiO_2
Alumínio	pH, Si, Sc e SiO_2
Silício	Turbidez, Br^-, Li, Al, Sc, Ti e Fe
Escândio	Turbidez, Br^-, Li, Al, Si, Ti, Fe e SiO_2
Titânio	Cor Ap, turbidez, Br-, Li, Si, Sc, Fe e SiO_2
Vanádio	CO_3^{2-} e SO_4^{2-}
Cromo	F^- e PO_4^{3-}
Manganês	Li e Co
Ferro	Cor Ap, turbidez, Si, Sc, Ti e SiO_2
Cobalto	Mn
Níquel	Cu
Cobre	K e Ni
Zinco	DP, NO_3^- e Ba
Estrôncio	pH, Cond, Res, DT, DTp, HCO_3^-, Alc, F^-, K, Mg e Ca
Bário	DP, Cl^-, NO_3^-, Na e Zn
Sílica	Turbidez, Br^-, Li, -Al, Sc, Ti e Fe

CorAp-cor aparente, DTp-dureza temporária, DT-dureza total, DP-dureza permanente, Cond-condutividade, Res-resíduo, Alc-alcalinidade

Na matriz de correlação (38 x 38), as variáveis que mais se encontraram correlacionadas foram: condutividade, resíduo, dureza total, dureza temporária, bicarbonato, alcalinidade, potássio, magnésio, cálcio e estrôncio, com oito a doze variáveis correlacionadas (Tabela 1). Mostrou-se uma forte relação entre elas, visto que a condutividade, a dureza total, a dureza temporária e a alcalinidade, todos esses parâmetros encontram-se diretamente relacionados, o que também ocorreu no trabalho de Von Sperling (2005).

No trabalho aqui apresentado, foi obtida uma porcentagem acumulada da variância total dos dados originais de 70,72 % (Tabela 2), e também confirmada pelo método de Cattel (method scree plot) que mostram que os pontos de maiores autovalores, que ficarem de fora da reta traçada, são o número de componentes (Figura 2), determinando, quatro componentes CP1, CP2, CP3 e CP4, explicando, respectivamente, 30,73 %, 17,44 %, 15,09 % e 7,47 % (Tabela 2).

Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Andrade *et al.* (2007), que ao avaliarem a qualidade das águas superficiais na Bacia do Baixo Acaraú, empregando a técnica de Análise Fatorial/Análise da Componente Principal, determinaram quatro componentes principais, que explicaram 82,1 % da variância

total.

Melhores resultados foram obtidos nos trabalhos de Girão *et al.* (2007), ao analisarem a qualidade das águas do rio Jaibarás (Ceará), e também Souza, Bertossi e Lastoria (2015) nas águas superficiais do córrego Bandeira (Mato Grosso do Sul), selecionando três componentes, que explicaram 80,19 % e 75 % respectivamente da variância total. E resultados inferiores ao deste trabalho foram obtidos por Moura *et al.* (2010) na investigação da qualidade da água como indicador de uso e de ocupação do solo da Bacia do Gama (Distrito Federal), selecionando oito componentes que explicaram 70,88 % da variância total.

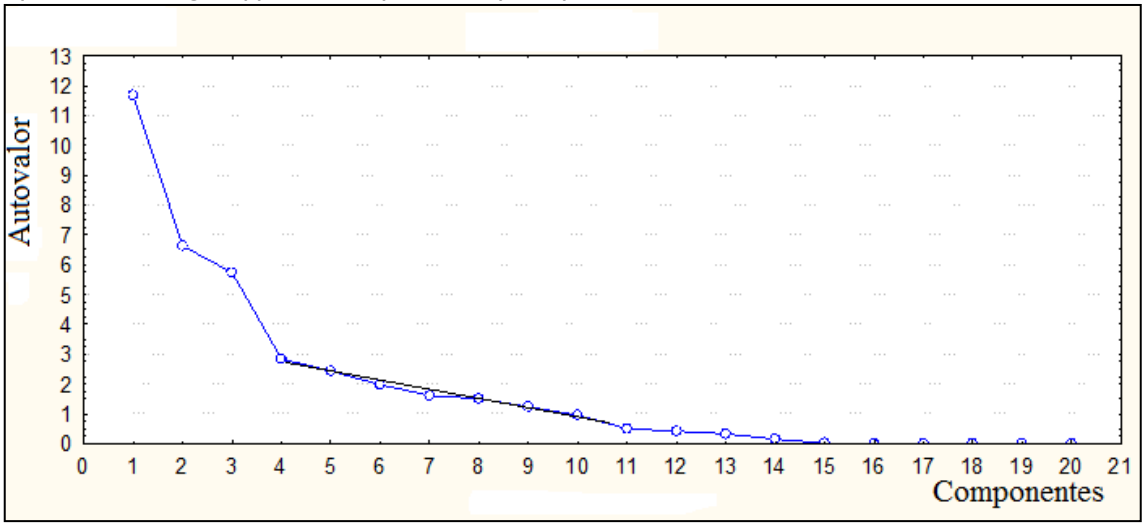
Tabela 2 - Matriz de peso fatorial das variáveis da qualidade da água nas quatro componentes principais selecionadas

Variáveis	**CP1**	**CP2**	**CP3**	**CP4**
Cor Aparente	0,02	0,39	0,14	**0,81**
Cor Real	-0,20	-0,08	0,14	0,27
Turbidez	0,09	0,47	0,05	**0,71**
pH	0,46	0,08	0,59	-0,07
Condutividade	**0,88**	0,33	-0,28	-0,17
Resíduo	**0,88**	0,33	-0,28	-0,17
Dureza Total	**0,98**	0,11	0,03	-0,01
Dureza Permanente	-0,17	-0,16	**-0,80**	-0,20
Dureza Temporária	**0,95**	0,14	0,24	0,05
Carbonato	0,40	-0,16	0,40	-0,21
Bicarbonato	**0,91**	0,11	0,31	0,05
Alcalinidade	**0,91**	0,10	0,33	0,03
Fluoreto	0,51	0,43	0,37	-0,21
Cloreto	0,40	0,58	-0,57	-0,21
Brometo	0,27	**0,70**	-0,21	-0,24
Nitrato	-0,10	-0,02	**-0,77**	-0,39
Fosfato	-0,22	0,19	0,17	-0,56
Sulfato	0,60	-0,02	0,29	0,05
Sódio	0,43	0,64	-0,49	-0,32
Potássio	**0,79**	0,06	-0,41	-0,10
Magnésio	**0,76**	0,44	-0,25	0,10
Cálcio	**0,97**	-0,03	0,14	-0,05
Lítio	0,17	**0,79**	-0,14	0,05
Alumínio	-0,25	-0,54	-0,03	0,12
Silício	-0,02	**0,94**	0,23	0,12

Escândio	-0,03	**0,94**	0,25	0,12
Titânio	-0,08	**0,92**	0,28	0,12
Vanádio	0,41	0,16	0,34	-0,54
Cromo	0,18	0,19	-0,11	-0,52
Manganês	-0,06	0,55	-0,27	0,13
Ferro	0,04	0,42	0,16	**0,76**
Cobalto	-0,40	0,17	0,02	-0,05
Níquel	-0,09	-0,14	-0,48	0,04
Cobre	0,33	-0,34	-0,59	0,11
Zinco	-0,06	-0,01	**-0,72**	-0,10
Estrôncio	**0,94**	-0,05	0,13	-0,14
Bário	0,00	0,44	**-0,76**	0,10
Sílica	-0,02	**0,94**	0,23	0,12
Autovalor	11,68	6,63	5,73	2,84
% Variância Explicada	30,73	17,44	15,09	7,47
% Variância Acumulada	30,73	48,17	63,26	70,72

CP-componente principal.

Figura 2 - Gráfico de autovalores para 21 componentes principais da base de dados das variáveis da qualidade de água (quatro componentes principais descreveram 70,72 % da variância acumulada)



Fonte: Os Autores.

No primeiro, CP1, as variáveis condutividade, resíduo, dureza total, dureza temporária, bicarbonato, alcalinidade, potássio, magnésio, cálcio e estrôncio (dez variáveis) apresentaram pesos variando de 0,76 a 0,98 (Tabela 2). Liu *et al.* (2003) abordaram que componentes com pesos superiores a 0,75 são fortes indicativos de variáveis de qualidade de água, mostrando que essas variáveis são as mais significativas na determinação da qualidade da água. Houve, portanto, uma redução

significativa nas variáveis analisadas (38 para 10 - redução de 73 %), no trabalho de Bertossi *et al.* (2013) nas águas de uma sub-bacia rural (Espírito Santo), utilizando Análise de Componente Principal, a redução foi de 19 para 9 variáveis (aproximadamente 50 %) e também para a primeira componente principal, obtiveram resultados bastante semelhantes ao deste trabalho (condutividade, sólidos totais dissolvidos, cálcio, magnésio e sódio).

A segunda componente, CP2, foi explicada pelas variáveis brometo, lítio, silício, escândio, titânio e sílica, com pesos variando de 0,70 e 0,94 (Tabela 2). Estas variáveis encontram-se relacionadas, também, na matriz de correlação (Tabela 1). A sílica, presente em ambientes aquáticos, representa a decomposição de minerais de silicato, geralmente em rochas sedimentares (LAZZERINI; BONOTTO, 2014).

A terceira componente, CP3, foi explicada pelas variáveis dureza permanente, nitrato, zinco e bário, com pesos variando de 0,82 a 0,80 (Tabela 2). A dureza permanente está relacionada diretamente com a presença de nitrato em água, e este pode estarindicando uma contaminação por esgoto doméstico e por fertilizantes que podem comprometer a potabilidade de águas subterrâneas (OLIVEIRA *et al.,* 2001). O zinco pode chegar à água, de forma natural, através de intemperismo físico ou químico da rocha matriz, ou por meio antropogênico, pela utilização de fertilizantes (ALEXANDRE *et al.,* 2012), o que pode reforçar a possibilidade de contaminação por meio antrópico. Andrade *et al.* (2007) também encontraram na Análise de Componente Principal (PCA), dureza, nitrato e outras variáveis, relacionadas.

A CP3, portanto, está associada a possíveis lançamento de fertilizantes e esgoto, porque a concentração média de nitrato determinada foi de 22,09 $mg.L^{-1}$ (Tabela 3), sendo um valor muito superior ao permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) que é de 10 $mg.L^{-1}$ para águas doces de Classe 1. A concentração média de zinco foi de 0,16 $mg.L^{-1}$ (Tabela 3), sendo um valor próximo ao permitido, 0,18 $mg.L^{-1}$(BRASIL, 2005), mas apresentou um valor máximo de 2,07 $mg.L^{-1}$, ou seja, muito superior ao tolerado e um desvio padrão de 0,51 (Tabela 3), mostrando uma variabilidade muito grande nessas concentrações.

Tabela 3 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo das variáveis de cada componente principal

Componentes Principais	Variáveis	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
	Condutividade	320,78	175,05	723,00	110,90
	Dureza Total	91,53	67,82	264,63	22,13
	Bicarbonato	123,39	111,89	381,73	1,82
	Alcalinidade	102,70	94,32	312,89	1,49
CP1	Potássio	5,44	2,56	12,28	1,94
	Magnésio	7,24	5,10	19,06	1,17
	Cálcio	24,74	20,90	74,63	5,60
	Sr	0,19	0,16	0,57	0,04
	Resíduo	213,45	110,80	468,06	80,60
	Brometo	0,10	0,08	0,38	0,03
	Li	0,01	0,01	0,03	0,00
CP2	Sc	0,01	0,01	0,02	0,00
	Ti	0,01	0,00	0,01	0,00
	SiO_2	37,35	22,44	82,11	5,29
	Si	17,78	10,68	39,10	2,52
	Zn	0,16	0,51	2,07	0,00
CP3	Nitrato	22,09	31,77	106,50	0,09
	Ba	0,20	0,16	0,54	0,03
	Dureza Perm.	10,22	19,46	75,01	0,00
	Cor Aparente	2,31	4,58	17,50	0,20
CP4	Turbidez	1,44	1,75	8,00	1,00
	Fe	0,02	0,04	0,15	0,01

Fonte: Os Autores.

A quarta componente principal, CP4, foi explicada pelas variáveis cor aparente, turbidez e ferro, com pesos de 0,81, 0,71 e 0,76 (Tabela 2), respectivamente, na matriz de correlação 38x38 (Tabela 1) estas variáveis encontravam-se também correlacionadas, visto que, a cor, geralmente, é devida à presença de metais, como o ferro, na forma de Fe^{2+}, que precipita, provocando coloração na água (VON SPERLING, 2005) e de plâncton (PICANÇO *et al.,* 2002), resultados semelhantes também foram encontrados por Rocha e Pereira (2016), só que além dessas variáveis, selecionaram também: fósforo total, condutividade e oxigênio dissolvido.

Alguns autores (ANDRADE *et al.* 2007; GUEDES *et al.* 2012; ROCHA e

PEREIRA, 2016) dão um nome ou um título as componentes determinadas pela a Análisede Componente Principal (PCA), visto que, o comportamento das variáveis se encontra relacionado, portanto, o nome permite um entendimento das suas características. Por conseguinte, a CP1 representa um indicativo de dissolução de carbonatos, a CP2, ao intemperismo de rochas sedimentares; a CP3, a contaminação por esgoto doméstico e por fertilizantes, e a CP4, a dissolução de calcários/precipitação do ferro na água e de desenvolvimento de ferro-bactérias.

4. CONCLUSÃO

O trabalho realizado mostrou através de análises de água de poços, a qualidade destas amostras. Este dado é muito relevante para a população que faz uso deste tipo de água ficando ciente das características dela e assim mudarem ou não a forma de utilização.

Este é um trabalho que possui duas vias: a ambiental de monitoramento da qualidade da água e a social que, juntamente com as pessoas que disponibilizaram águas advindas de seus poços, poderá auxiliá-los no conhecimento de como seria a maneira correta para uso da água por meio dos resultados das amostras, além de analisar quais seriam os fatores que influenciariam nos parâmetros.

A Análise de Componente Principal (PCA) promoveu a seleção de quatro componentes indicadores da qualidade das águas analisadas nos poços artesianos do Município de Seropédica-RJ, explicando 70,72 % da variância total.

As variações na qualidade das águas do Município de Seropédica-RJ foram assim definidas: CP1, indicativo de dissolução de carbonatos; CP2, indicativo de intemperismo de rochas sedimentares; CP3, indicativo de contaminação por esgoto doméstico e por fertilizantes, e CP4, indicativo de dissolução de calcários/precipitação do ferro na água e de desenvolvimento de ferro-bactérias.

A técnica estatística multivariada utilizada, Análise de Componente Principal (PCA), reduziu o número de variáveis de 38 analisadas para 10 parâmetros relevantes, com a intenção de definir a qualidade da água, acarretando uma economia no custo e no tempo de análise.

Este trabalho deve ser aprimorado, analisando um número maior de amostras, em localidades mais diversificadas, e em várias épocas diferentes, para ter uma abordagem mais abrangente e com a possibilidade de explicar mais parâmetros.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, J.R.; OLIVEIRA. M.L.F.; SANTOS, T.C.; CANTON, G.C.; CONCEIÇÃO, J.M.; EUTRÓPIO, F.J.; CRUZ, Z.M.A.; DOBBSS, L.B.; RAMOS, A.C. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo, **Natureza on Line**, v. 10, n. 1,p. 23-28, 2012.

ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO, L. de F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. B. O. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada, **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p.683-690, 2007.

APHA (1998) Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Fedration, 20th ed. Washington.

BERTOSSI, A.P. A.; MENEZES, J.P.C.; CECÍLIO, R.A.; GARCIA, G.O.; NEVES, M.A. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada, **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n. 5, p. 2025-2036, set./out. 2013.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Plano de Manejo, Parque Nacional da Tijuca (volume 1), 2008. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/parna_tijuca_pm.pdf. Acesso em: 10 set. 2018.

BRASIL. Resolução 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial [da] União, Brasília, mar. 2005. Disponível em www.mma.gov.br/port/conama/res/res 05/res35705.pdf. Acesso em: 10 dez. 2018.

CATTELL, R. B. The scree test for the number of factors, **Multivariate Behavioral Research**,1, p.245-276, 1966.

CPTEC/ INPE, 2016, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br/cidades/Meteograma/5155. Acesso em: 20 set. 2018.

GIRÃO, E. G.; ANDRADE, E. M.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; MEIRELES, A. C. M. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibaras pelo emprego da análiseda componente principal. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 17-24, 2007.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P.Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.5, p.558–563, 2012.

IBGE, 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/ estimativa2012/ Acesso em: 22 ab.2018.

JOLLIFFE, L. T. Principal component analysis. 2.ed. New York: Springer, 2002.

487p.

KOVDA, D. A. Irrigation, drainage and salinity: an international sourcebook. Paris: FAO/UNESCO, 1973.p. 177-205.

LANDIM, P. M. B. Análise Estatística de Dados Geológicos Multivariados. São Paulo: Editora Oficina de Textos. 2011, p.208.

LAZZERINI, F. T.; BONOTTO, D. M. O silício em águas subterrâneas do Brasil, **Ciência e Natura**, v. 36 n. 2 mai-ago., p. 159–168, 2014. Disponível em: http://periodicos.ufsm.br/index.php/cienciaenatura/article/viewFile/13135/pdf. Acesso em: 22 ago. 2018.

LEITE, I. A.; OLIVA, P. C. Caracterização da subsuperfície e análise da qualidade de água para consumo na Vila de São Joaquim do Ituquara (Baião, Pará, Brasil), **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 12, p. 30175-30192, dec. 2019. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/5331-14293-1-PB.pdf. Acesso em: 10 nov. 2020.

LIAO, S. W.; GAU, H. S.; LAI, W. L.; CHEN, J. J.; LEE, C. G.Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method, **Journal of Environmental Management**, v.88, p.286-292, 2008.

LIU, C.W.; LIN,IN,K.H.; KUO,Y.M. Application of factor analysis in the assessment of ground water quality in a blackfoot disease area in Taiwan, **Science of the Total Environment**, v.313, p.77-89, 2003.

MENDIGUCHÍA, C.; MORENO, C.; GALINDO-RIANO, M. D.; GARCÍA-VARGAS, M.Using chemometric tools to assess anthropogenic effects in river water: A case study: Guadalquivir River (Spain), **Analytica Chimica Acta**, v.515, p.143-149, 2004.

MINGOTI, S. A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada, Belo Hozironte: Editora UFMG, 2013, p.297.

MOURA, L.H.A.; BOAVENTURA, G.R.; PINELLI, M.P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama – Distrito Federal**, Química Nova**, v.33. n.1, p. 97-103, 2010. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No1_97_17-AR09088.pdf. Acesso em: 23 maio 2018.

PICANÇO, F. E. L. ; LOPES, E. C. S; SOUZA, E. L. Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da região metropolitana de Belém/PA. **Revista Águas Subterrâneas**. Suplemento, p.1-17, 2002. https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22823. Acesso em:11 de ago. 2018.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; MORAES, S.O. Lixiviação de nitrato em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado comcana de açúcar, **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p. 171-180, 2001. Disponível em:http://www.scielo.br/pdf/sa/v58n1/a26v58n1.pdf. Acesso em: 20 ago. 2018.

ROCHA, C.H.B; PEREIRA, A.M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais, **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 1, jan./marc. 2016.

SATHEESHKUMAR, P.; KHAN, A.Identification of mangrove water quality by multivariate statistical analysis methods in Pondicherry coast, India, **Environmental Monitoring and Assessment**, v.184, n. 6, p.3761-3774, 2012.

SOARES, G. B.; GARCEZ, G. R; SANTOS. H. S.; SOTELO, D. G.; PIRES, J. C. G.

OSÓRIO, V. C.; MOURA, C. S.Comparação da Qualidade de Águas Subterrâneas de Dois Poços Adjacentes Com Diferentes Profundidades, **Águas subterrâneas** (São Paulo, Brazil), 01 January 2019.

SOUZA, A.; BERTOSSI, A.P.A.; LASTORIA, G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do córrego Bandeira, Campo Grande, MS, **Revista Agroambiente**, v. 9, n. 3, p. 227-234, julh./set, 2015.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed.Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p.

YIDANA, S.; YIDANA, A. Assessing water quality using water quality index and multivariate analysis, **Environmental Earth Sciences**, v.59, n.7, p.1461-1473, 2010.

ZENG, X.; RASMUSSEN, T. C. Multivariate statistical charac-terization of water qualityin Lake Lanier, Georgia, USA**, Journal Environmental Quality**, v.34, p.1980-1991, 2005.

ZHANG, X.; WANG, Q.; LIU, Y.; WU, J.; YU, M. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in the Southwest New Territories and Kowloon, Hong Kong, **Environmental Monitoring and Assessment**, v.137, p.17-27, 2010.

CAPÍTULO 10

MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA COMO FERRAMENTA NA AVALIAÇÃO DOS GRÂNULOS DE AMIDOS DE MANDIOCA

Natália Alves Barbosa
Doutora em Ciência dos Alimentos
Instituição: Universidade Federal de Lavras
Endereço: Avenida Peter Henry Rolfs, s/n Campus Universitário
E-mail: natyalvesb@gmail.com

Luan Alberto Andrade
Doutor em Ciência dos Alimentos
Instituição: Universidade Federal de Lavras
Endereço: Avenida Peter Henry Rolfs, s/n Campus Universitário
E-mail: luanandrade@ufla.br

Joelma Pereira
Instituição: Universidade Federal de Lavras
Endereço: Avenida Peter Henry Rolfs, s/n Campus Universitário
E-mail: joper@ufla.br

RESUMO: O amido é um produto extraído de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes e rizomas. O amido de mandioca pode ser denominado como polvilho, podendo ser classificado em doce ou azedo se houver fermentação, sendo utilizados principalmente na panificação, como na produção de pão de queijo e biscoitos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar se há diferença no grânulo de amido dos polvilhos doce e azedo comerciais, bem como comparar se há diferença destes com amido obtido sem processamento industrial, utilizando como ferramenta a microscopia eletrônica de varredura (MEV). O amido extraído foi obtido a partir de raízes lavadas e trituradas, o líquido obtido foi peneirado, centrifugado e o sedimento seco em estufa de circulação de ar a 45 °C. Após obtenção do amido seco, os stubs foram preparados com fita dupla de carbono, e mergulhados na amostra em pó. Este último procedimento também foi realizado para os polvilhos doce e azedo comerciais. Em seguida, procedeu-se o banho de ouro para análise no MEV. As eletromicrografias de varredura permitiram a visualização dos amidos de mandioca proporcionando a observação dos tamanhos que variaram entre 9,67 µm a 16,54 µm e os formatos dos grânulos que foram arredondado, oval, pentagonal e poligonal. Foi observada pouca diferença entre as três amostras de amido estudado, tanto quanto ao formato quanto ao tamanho dos grânulos, sendo a diferença encontrada na superfície do grânulo do polvilho azedo, proveniente do processo de fermentação.

PALAVRAS-CHAVE: Eletromicrografias de varredura; Fécula; Polvilho azedo; polvilho doce.

1. INTRODUÇÃO

Os amidos são produtos amiláceos extraídos de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizomas de acordo com Brasil (2005a). São formados por grânulos que possuem tamanhos e formatos diferentes de acordo com a fonte botânica (LEONEL, 2007). Quimicamente são formados por duas macromoléculas, amilose e amilopectina. O amido de mandioca é a substância amilácea extraída das raízes de mandioca, obtida por decantação, centrifugação ou outros processos tecnológicos adequados (Brasil, 2005b), podendo ser chamado de fécula ou polvilho.

O polvilho existe em duas formas, o polvilho azedo e o polvilho doce, diferenciados através das etapas de processamento, que influenciam na acidez do produto. O amido de mandioca fermentado denomina-se polvilho azedo, já o amido sem fermentação é conhecido como polvilho doce, e este é a matéria-prima da produção do polvilho azedo (MARCON *et al.,* 2007). No Brasil, a fécula (polvilho doce) é fermentada em média, por 30 dias e ao final é seca ao sol por aproximadamente 12 horas (CARVALHO, 1994). O amido de mandioca nativo ou modificado pode ser usado para diversos fins industriais, como também na panificação para fabricação de pães de queijo e biscoitos. Por ser isento de glúten, os produtos fabricados a partir do polvilho tornam-se alimentos alternativos para pacientes celíacos, alérgicos às proteínas do trigo, além de ser fonte reconhecida de carboidratos (PEREIRA *et al.*, 2004).

Os formatos e os tamanhos dos grânulos de amido podem alterar as suas propriedades tecnológicas e a microscopia é uma forma de visualizar tais características. A escolha da técnica e do microscópio para uma visualização de alta resolução da estrutura dos grânulos de amido, é dependente do tipo de informação requerida, ou seja, superfície ou estrutura interna. A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é utilizada para conseguir informações da superfície dos grânulos de amido.

Devido à importância do polvilho como ingrediente para a panificação, é interessante estudar as características dos seus grânulos de amido. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar se há diferença do grânulo de amido em polvilhos doce e azedo de uma marca comercial, bem como comparar se há diferença destes com o amido obtido por extração laboratorial, utilizando como ferramenta a MEV.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As raízes de mandioca, para extração laboratorial do amido, foram obtidas de uma fazenda no município de Sete Lagoas – MG e os polvilhos doce e azedo foram adquiridos no comércio da mesma cidade.

As raízes de mandioca foram lavadas em água corrente, descascadas e picadas manualmente. Dissolveu-se 4,07 g de metabissulfito de sódio anidro em 2,5 litros de água destilada. Adicionou-se à solução de metabissulfito um quilo de mandioca e manteve-se a mistura com agitação leve e contínua para posterior trituração da amostra em três litros de água, em liquidificador industrial (Lucre, Catanduva, Brasil) à velocidade máxima por aproximadamente cinco minutos. Após trituração passou-se a pasta fluida através de uma peneira de 80 mesh. Mediu-se o volume do resíduo, adicionou-se o dobro de água, triturou-se e passou-se novamente pela peneira.

O líquido obtido foi filtrado em peneira de 200 mesh. A mistura foi deixada em repouso por 24 horas para decantar e em seguida o sobrenadante foi removido. Acrescentou-se água à camada de amido e centrifugou-se a 3.000 rpm durante 10 minutos. Após centrifugação secou-se o amido em estufa com circulação de ar (Mod. 320-SE, Datamed, Brasil) a 45 °C e triturou-se a amostra.

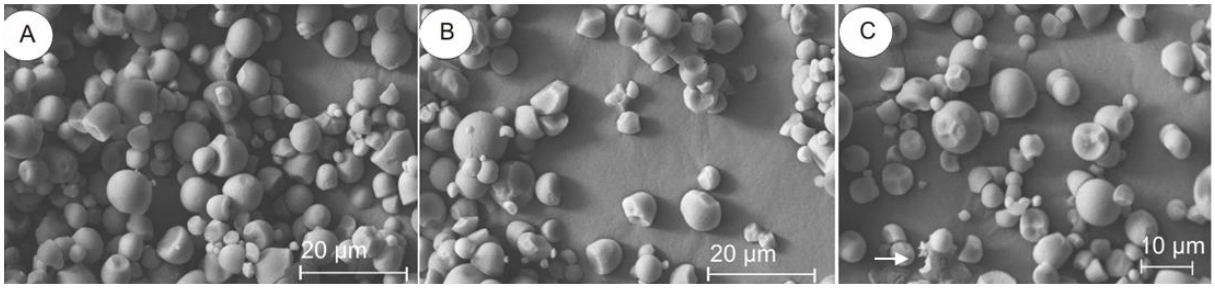
Após secagem e trituração, as amostras em pó do amido extraído e dos polvilhos doce e azedo comerciais foram montadas em suportes de alumínio, cobertas com uma película de papel alumínio, com fita de carbono dupla face, cobertos com uma camada de ouro no metalizador (Vaporizador Balzers SCD 050). Ao final deste procedimento, as amostras foram observadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV - LEO Evo 40).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A MEV é amplamente utilizada para visualização de mudanças que ocorrem na estrutura dos grânulos de amido durante um processamento. O diâmetro e a forma dos grânulos podem ser obtidos pela técnica de acordo com Segura e Sira (2003).

Na Figura 1, encontram-se as eletromicrografias de varredura dos amidos de mandioca.

Figura 1 - Eletromicrografias de varredura dos amidos de mandioca. (A) Amido de mandioca obtida de processamento laboratorial; (B) Polvilho doce comercial e (C) Polvilho azedo comercial.



Fonte: Os Autores.

O diâmetro dos grânulos de amido de mandioca das três amostras variaram entre 9,67 µm a 16,54 µm, semelhante ao trabalho de Rego *et al.* (2020) que estudou amido de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para produção de biofilme e do trabalho de Leonel (2007) que avaliou a forma e tamanho de grânulos de amidos da fécula de mandioca cultivar Branca de Santa Catarina. De acordo com Franco (2001), o amido de mandioca pode ser encontrado nas formas arredondada, oval, truncada, poligonal e cilíndrica, já para Leonel (2007) os grânulos de amido da mandioca possui forma circular. O que corrobora com os amidos de mandioca encontrados no presente trabalho, podendo observar as formas arredondas, oval, pentagonal e poligonal nas três amostras estudadas.

Pode-se observar que não houve diferença em relação ao tamanho dos grânulos nas amostras estudadas. Uma explicação para o tamanho do amido de polvilho doce e azedo apresentar semelhança é que a modificação por fermentação não afeta significativamente os tamanhos dos grânulos como outros tipos de modificação de amido. A obtenção do amido de mandioca em laboratório ou industrialmente também não altera o seu tamanho.

Na Figura 1C pode-se observar pequena alteração na estrutura do amido, mostrada pela seta. Oliveira (2019) observou erosão leve na superfície dos grânulos de amido que passaram pelo processo de fermentação, o mesmo pode ter ocorrido no presente trabalho. O amido do polvilho azedo é ligeiramente degradado pelos ácidos orgânicos e por enzimas amilolíticas produzidas pelos microrganismos envolvidos na fermentação (CARVALHO, 1994) resultando em pequenas áreas de corrosão. Essa modificação pode trazer características interessantes para o polvilho usado na panificação, como alterações no comportamento reológico e na interação com a água.

4. CONCLUSÃO

A MEV é uma ferramenta importante que permite a visualização dos amidos de mandioca. Os três tipos de amostras estudadas apresentaram pouca diferença em relação ao tamanho e formato, porém, a superfície do polvilho azedo comercial, que passou pela fermentação, apresenta sinal de leve degradação.

AGRADECIMENTOS

The authors would like to thank the Brazilian Federal Agency for Support and Evaluation of Graduate Education (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES), the National Counsel of Technological and Scientific Development (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq) and the Minas Gerais Research Foundation (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - Fapemig) for financial support. We would also like to thank the Laboratory of Electronic Microscopy and Ultrastructural Analysis (Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural - LME) of the Federal University of Lavras (Universidade Federal de Lavras – UFLA).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1, p. 368-369. 2005a

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 23 de 14 de dezembro de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Amiláceos Derivados da Raiz de Mandioca. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 de dez. de 2005. Seção 1, p. 5-6. 2005b.

CARVALHO, E. P. de. **Determinação da microbiota do polvilho azedo**. Orientador: Vanderlei Perez Canhos.1994. 363 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. 224 p.

Leonel, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Food Science and Technology**. 2007, v. 27, n. 3, pp. 579-588. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000300024>. Epub 29 Out 2007. https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000300024.

MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. **Propriedades químicas e tecnológicas do amido de mandioca e do polvilho azedo**. Florianópolis: Edufsc, 2007. 101 p.

OLIVEIRA, D. I. **Polvilho azedo tradicional obtido com alteração na etapa de secagem solar**. Orientador: Ivo Mottin Demiate. 2019. 218 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019.

PEREIRA, J. et al. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo**. Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 494–500, 2004.

REGO, J. A. R.; COSTA, M. L.; BRASIL, D. S. B.; CRUZ, J. N.; COSTA, C. M. L.; SANTANA, E. B.; FURTADO, S. V.; LOPES, A. S. Characterization and Evaluation of Filmogenic, Polymeric, and Biofilm Suspension Properties of Cassava Starch Base (Manihot esculenta Crantz) Plasticized with Polyols. **Braz. J. of Develop.**, v. 6; n. 7, p. 50417-50442, 2020.

SEGURA, M. E. M. SIRA, E. E. P. Characterization of native and modified cassava starches by scanning electron microscopy and X-ray diffraction techniques. **Cereal Foods World**, v. 48; n. 2, p.78-81, 2003.

CAPÍTULO 11

REFORÇO ESTRUTURAL COM A UTILIZAÇÃO DE FIBRA DE CARBONO

Edinéia Alves Benjamin
Mestranda em Engenharia de Materiais de Construção Civil - UFMG
Instituição: Professora na rede de ensino Genoma
Endereço: Rua Realino Pinheiro da Silva, 121- Clube Residencial, Igarapé/MG
E-mail: neiaengenharia@gmail.com

Geraldo César Lamêgo
Graduação em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia da UFMG
Instituição: Consultor Autônomo.
Endereço: Rua João Gualberto Filho, 802- Sagrada Família, Belo Horizonte/MG
E-mail: cesarlamego@yahoo.com.br

RESUMO: O presente estudo busca analisar a literatura existente e as técnicas empregadas na reabilitação de estruturas de concreto armado com fibra de carbono. As reabilitações e reforços das estruturas visam prolongar a vida útil das mesmas, sem que seja, necessária à reconstrução de novas obras, buscando diminuir o consumo de materiais, diminuindo aprodução de resíduos para o meio ambiente. A utilização de compósitos de fibra de carbono se destaca como o mais apropriado para a recuperação e reforços das estruturas de concreto armado. Mas no Brasil seu uso é recente e carece de norma segundo a NBR, para solucionar dúvidas. A metodologia desse trabalho é baseada em uma pesquisa bibliográfica descritiva e análise teórica associada a exemplo de aplicação.

PALAVRA-CHAVE: Estrutura de Concreto; Manifestação Patológica; Durabilidade; vida útil; Reforço; Compósito; Matriz; Fibra de Carbono.

ABSTRACT: The present study seeks to analyze the existing literature and the techniques used in the rehabilitation of reinforced concrete structures with carbon fibers. The rehabilitation and reinforcement of the structures aim to prolong their useful life, without the need to rebuild new works, seeking to reduce the consumption of materials, reducing the production of waste for the environment. The use of carbon fiber composites stands out as the most appropriate for the recovery and reinforcement of reinforced concrete structures. But in Brazil its use is recent and lacks a standard according to NBR, to settle doubts.The methodology of this study is based on a descriptive literature and theoretical analysis associated with application examples.

KEYWORDS: Concrete Structures; Pathological Manifestation; Durability; Lifetime; Reinforcement; Composite; Matrix; Carbon Fibers.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados em todo mundo desde os primórdios e sendo sua aplicação as mais diversas. Ao longo dos anos muito se evoluiu tecnicamente no tratamento dado a esse material de grande importância nas construções, como por exemplo, ocorreram melhorias relacionadas aos materiais utilizados para sua confecção, qualificação da mão de obra dentre outros fatores que foram de suma importância para se ter um material mais durável e que atenda às solicitações para o qual foi projetado.

Para a ABNT NBR 6118:2014, durabilidade “consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração dos projetos”. A mesma norma ainda esclarece que “as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança,estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente a sua vida útil”.

A partir das definições apresentadas pode-se observar à importância de se analisar de uma maneira ampla as questões que fazem com que as estruturas apresentem o desempenho esperado e um comportamento desejado ao usuário atendendo às exigências previstas em norma.

Mesmo com todos os avanços tecnológicos de materiais, melhorias nos processos de execução e qualificação de mão de obra ao longo dos anos, as estruturas de concreto apresentam diversas patologias e intervenções como reforço ou recuperação estrutural têm sido necessárias para que essas estruturas não entrem em colapso.

De acordo com Souza e Ripper (1998) algumas técnicas convencionais são comumente utilizadas para reforço estrutural como adição de chapas metálicas e as que envolvem adição de armadura tendo assim um aumento da seção transversal. Com o passar dos anos alternativas foram sendo utilizadas para reforço das estruturas, em substituição a essas técnicas surgiram os CFC (Compósito de Fibra de Carbono) seja recuperando as estruturas ou melhorando sua capacidade de resistência através de técnicas de reforço. A utilização na construção civil da fibra de carbono se deu no distritode Kobe, Japão em 1995, após sismos demandarem uma

rápida execução de reforços nasestruturas de construções na região.

Nos últimos anos compósitos de fibra de carbono tem sido muito utilizado devido sua alta resistência, baixo peso, facilidade no manuseio, reduzindo assim o tempo de trabalho. (GUDONIS *et al.*; 2013)

Com isso esse artigo tem como objetivo apresentar o compósito de fibra de carbono como um importante material a ser utilizado como reforço estrutural nas estruturas de concreto armado e suas principais etapas executivas.

2. ESTRUTURAS DE CONCRETO

2.1 Conceitos

Segundo METHA e MONTEIRO (2014) a definição sobre concreto armado é a seguinte “o concreto que normalmente contém barras de aço, que é projetado sob a premissa de que os dois materiais atuam juntos na resistência às forças de tração”. A ABNT NBR 6118:2014 define que os elementos de concreto armado como “aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre o concreto e a armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização da aderência”.

A mesma norma também define que essa armadura deve estar em estado passivo, ou seja, não deve ser previamente alongada (protendida) antes da concretagem.

2.2 Procedimentos executivos das estruturas de concreto armado

Conforme a ABNT NBR 14931: 2004, as execuções das estruturas seguem basicamente três etapas: montagem de fôrmas, montagem da armação e concretagem. Cada um desses processos irá exigir uma série de procedimentos para que tenhamos uma estrutura a que venham atender os requisitos de norma e projeto.

Ainda conforme a ABNT NBR 14931:2004 é primordial que os materiais tenham um devido controle tecnológico para que apresentem o resultado esperado após sua execução. As armaduras precisam ser bem protegidas até sua utilização para evitar processos de oxidação no aço, é necessário também, checar se a armadura que será utilizada na obra será a mesma solicitada em projeto e atender o cobrimento mínimo.

Asfôrmas devem estar estocadas em local adequado para preservar sua estrutura e que elas venham a ter um tratamento correto tanto na montagem quanto na desmontagem das fôrmas. A concretagem deve ser realizada dentro de um plano estabelecido previamente e que no processo de execução o concreto se mantenha plástico assegurando suas características principais a serem consideradas antes do seu processo de hidratação, permitindo assim que todo o processo de concretagem mantenha uma continuidade e que todos os processos sejam realizados no tempo esperado.

2.4 Durabilidade e vida útil

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, a vida útil de projeto é “o período de tempo no qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução de reparos necessários decorrentes de danos acidentais”. Com isso, pode-se concluir que a vida útil das estruturas não irá depender apenas de um fator isolado, mas sim de um conjunto ações que irá propiciar um desempenho satisfatório às estruturas.

Então, pode-se observar a importância de um conjunto de medidas desde a concepção estrutural a que venham garantir que as estruturas tenham seu desempenho atendido para o qual foi projetado evitando com isso processos de deterioração precoce levando ao surgimento de diversas manifestações patológicas que possam vir a causar a ruína da estrutura. (SOUZA e RIPPER, 1998).

2.5 Patologia e diagnóstico das estruturas

Souza e Ripper (1998) afirmam que o processo de sistematização dos estudos das patologias das construções nos últimos tempos, tem conduzido ao estabelecimento de uma classificação preliminar dos problemas ou manifestações patológicas em simples e complexas, sendo as simples analisadas e resolvidas através de padronizações de métodos e os complexos aqueles no qual demandam análises mais criteriosas e os tratamentos acabam se distanciando dos métodos convencionais.

Para que os processos realizados sejam de maneira correta, uma inspeção de maneira detalhada permite avaliar criteriosamente uma estrutura, permitindo realizar com clareza um mapeamento das manifestações patológicas, levando em consideração todas as informações que possam caracterizar a construção. Com isso, realizando a coleta de dados ordenadamente é possível emitir um bom parecer técnico da estrutura, informando o diagnóstico mais preciso para a estrutura. Assim as intervenções a serem realizadas serão mais assertivas e irão colaborar para uma maior vida útil da estrutura.

2.6 Manutenções e reforço em estruturas de concreto

Conforme a ABNT NBR 5462: 1994 as manutenções das estruturas estão relacionadas à sua vida útil, portanto quando elas são executadas de maneira periódica elas podem conservar ou recuperar sua capacidade funcional e dos componentes que a compõem de maneira a atender às necessidades de segurança do usuário. As manutenções podem ser corretivas, sendo as mais dispendiosas. As manutenções preventivas são aquelas que são realizadas em intervalos de tempos pré-determinados já a manutenção preditiva com o objetivo de direcionamento de ações e implementações dos procedimentos a serem realizados na manutenção preventiva.

3. FIBRAS DE CARBONO

Segundo Machado (2002) as fibras de carbono são resultado da carbonização de fibras precursoras orgânicas tais como poliacrilonitril (PAN) ou com base no alcatrão derivado do petróleo ou do carvão (PICHT) e em ambiente inerte. As fibras de carbono são utilizadas em muitos seguimentos da indústria, mas na construção civil é muito utilizada como reforço nos elementos estruturais onde ocorreu ataque de agentes externos levando a estrutura à deterioração, havendo a necessidade de reforço estrutural para que a mesma não sofra uma ruína estrutural.

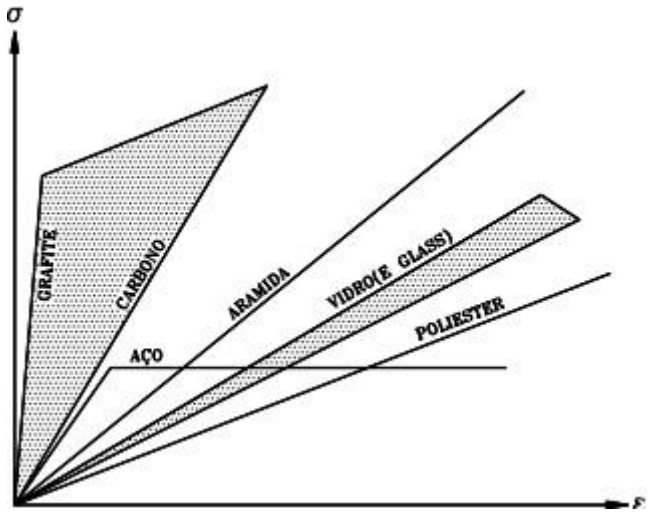
As fibras de carbono além da resistência e rigidez possuem excelente resistência à fadiga, características de amortecimento de vibrações, resistência térmica e estabilidade dimensional. Elas possuem também boa resistência elétrica e térmica e são quimicamente inertes, exceto quanto à oxidação. CALISTER (2002)

Segundo JUVANDES (1999) além da comercialização das fibras de carbono na construção civil, também são utilizadas as fibras de vidro e aramida.

Uma das principais desvantagens da utilização do sistema composto com fibra de carbono é alta energia para sua produção elevando com isso seu custo. (GUDONIS *et al.,* 2013.)

A figura 1 apresenta o diagrama tensão versus deformação de alguns materiais utilizados para reforço.

Figura 1 – Diagrama Tensão vs. Deformação das fibras Machado (2002)



Fonte: Machado (2002).

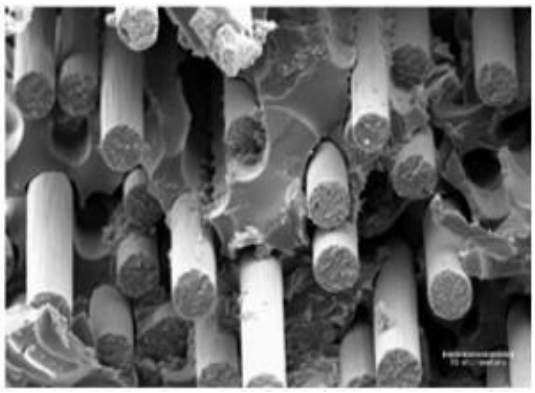
3.1 Matriz

O compósito de fibra de carbono possui dois constituintes básicos para sua formação, são elas a matriz polimérica e o elemento estrutural. A matriz polimérica é responsável por manter a coesão entre as fibras internamente, facilitando a transferência de tensões de cisalhamento entre o elemento estrutural e a fibra de carbono. O elemento estrutural fibras de carbono por sua vez estão dentro da matriz atuando de forma a manter essas tensões de tração no qual serão solicitadas, suas principais características são baixo peso, resistência alta e grande rigidez. (MACHADO, 2002).

O comportamento dos polímeros pode ser prejudicado em razão do meio a que podem estar sujeitos como: umidade e temperatura, comportamento a fluência e a relaxação, radiações ultravioleta e comportamento ao fogo. ARQUEZ (2010)

Na figura 2 é apresentada a ampliação em microscópio eletrônico da matriz polimérica de um sistema composto estruturado com fibras de carbono, onde podemos observar com maior detalhe as fibras de carbono e a matriz polimérica.

Figura 2 – Ampliação em um microscópio eletrônico de um sistema composto estruturado com fibras de carbono

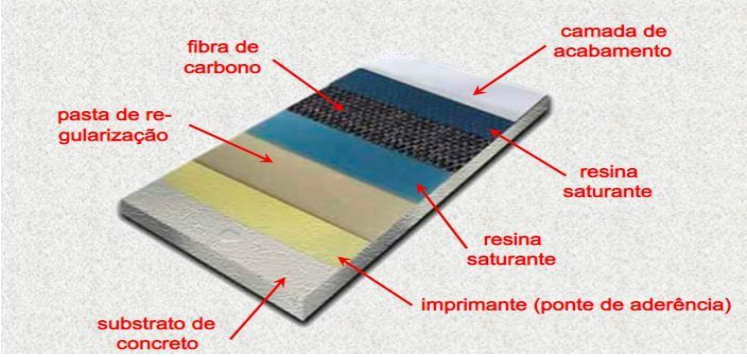


Fonte: Machado (2002).

Segundo CALISTER (2002) no elemento compósito a matriz possui várias funções como, fazer a ligação entre as fibras, age como uma ponte de forma que quando tensões externas são aplicadas ela distribui essas às fibras, pois apenas valores pequenos são suportados pela matriz. A matriz também trabalha de forma a proteger as fibras de ações superficiais como, abrasão mecânica e reações químicas com o meio. Atua de forma a redistribuir o carregamento que irá atuar nas fibras em caso de ruptura, funcionando de maneira a impedir a propagação de trincas. É importante ressaltar que a ligação entre a matriz e a fibra deve ser grande, pois a capacidade total de suporte do compósito dependerá dessa combinação.

A figura 3 apresenta a sequência recomendada para a execução dos sistemas estruturados com fibras de carbono.

Figura 3 – Representação esquemática de um sistema de fibras de carbono



Fonte: Machado 2009.

3.2 Resinas Epóxi

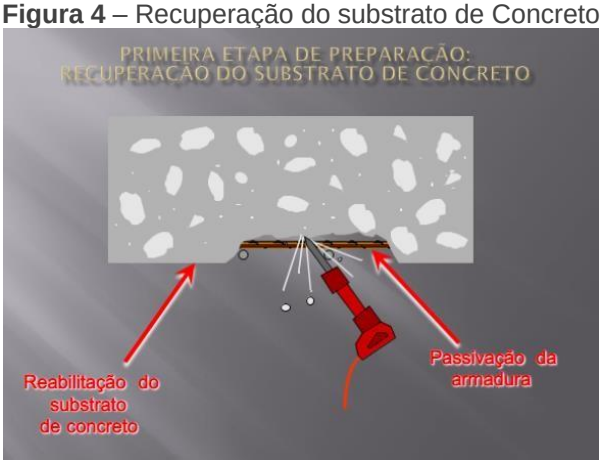
Segundo JUVANDES (1999) as resinas epóxi são bi componentes (resina e endurecedor) formadas pela reação química por elementos constituintes da resina e do endurecedor. Onde qualquer molécula do primeiro componente deve estabelecer ligação com o segundo componente. Sendo ela condicionada ao tempo da mistura, à temperatura e umidade do local. Sua importância está diretamente relacionada a integridade do conjunto.

De acordo com JUVANDES (1999, p. 2.60) “Um adesivo deve ajustar-se às circunstâncias que envolvem cada caso prático de reforço, através da seleção de um material com resistência à tração e ao corte superiores ao da camada de base e capaz de diminuir as hipóteses de uma rotura frágil”.

3.3 Sistemas com fibras de carbono - etapas executivas

De acordo com Machado (2002) para que se tenha uma garantia de que a aplicação do composto de fibra de carbono (CFC) tenha uma boa aderência com o concreto já existente é necessário que se siga corretamente as etapas executivas a fim de que o sistema venha a trabalhar posteriormente de forma eficiente. Assim, a execução do reforço utilizando às fibras de Carbono a estrutura existente deve passar por correções das manifestações patológicas existentes, sendo de grande importância a eliminação de causas que possam facilitar os processos de corrosão na armadura, após essas correções deve ser realizada a recuperação do substrato de concreto armado para que a aderência ocorra com segurança conforme apresentado na figura 4:

Figura 4 – Recuperação do substrato de Concreto



Fonte: Machado (2009)

3.4 Recuperações de fissuras e trincas

De acordo com Souza e Ripper (1998), fissuras com abertura maiores que 0,1mm devem ser injetadas e esse procedimento deve ser realizado sobre baixa pressão (≤0,1 Mpa) como demonstrado na figura 5, a exceção se dará quando essas aberturas forem maiores que 3,0mm e não muito profundas, quando se admite a injeção por gravidade. Na figura 5 é demonstrada a realizada da injeção.

Figura 5 – Injeção de fissuras

Fonte Souza e Ripper (1998)

3.5 Preparações da superfície para recebimento do composto defibra de carbono

Segundo Machado (2002), a preparação da superfície irá depender para qual seráo objetivo da aplicabilidade do CFC. Se o objetivo da aplicação do reforço for para combater os esforços de flexão e cisalhamento em vigas e pilares, um sistema de colagem deve ser utilizado para que se garanta a correta aderência para a transferência de esforços, caracterizando assim a condição crítica de colagem do CFC. Nessa condição a superfície deve ser preparada com a utilização de abrasivos, jato de areia, limalhas metálicas. Para superfícies menores deverá ser

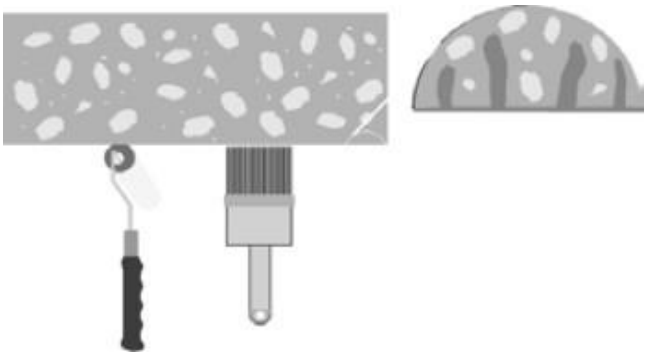
utilizado politrizes com aspirador de pó, sendo necessária toda a remoção de poeiras, óleos e graxas para uma aderência adequada.

Ainda conforme MACHADO (2002) Se o objetivo do reforço for combater a resistência à compressão exigindo uma condição de contato eficiente entre o concreto e o sistema composto, caracteriza então a condição crítica íntimo. Nesses locais onde as aplicações envolvem o confinamento das peças a serem reforçadas, a preparação da superfície deve ser direcionada no sentido que seja estabelecido o contato íntimo e contínuo entre as superfícies envolvidas. As irregularidades e concavidades que estiverem presentes na superfície devem ser sanadas para que não haja impedimento para o correto funcionamento do sistema.

3.6 Aplicações do imprimador primário e regularizador desuperfície

Segundo Machado (2002), a imprimação primária tem a função de colmatação dos poros com o objetivo de criar uma maior aderência entre a superfície externa e o compostode CFC a ser instalado. Conforme apresentado na figura 6.

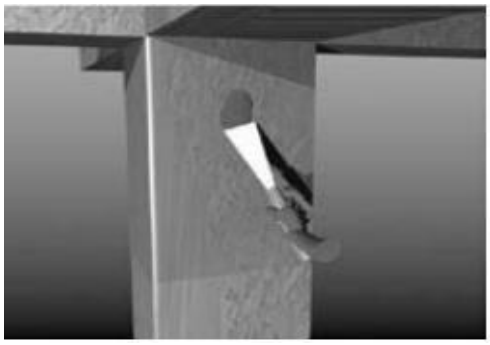
Figura 6 – Aplicação do imprimador primário.



Fonte: Machado (2002).

Em seguida deverá ser aplicada uma massa de regularização em toda a superfície onde será aplicado o sistema com o objetivo de tornar a peça desempenada e contínua. Conforme apresentado na figura 7.

Figura 7 – Regularização da superfície com massa regularizadora



Fonte: Machado(2002).

3.7 Corte e imprimação das fibras de carbono

As lâminas de fibra de carbono devem ser cortadas com objetivo de atender às regiões onde serão instaladas, as especificações como comprimento da fibra, espessura, posicionamento dentre outras características que devem atender às solicitações do projeto de reforço. MACHADO (2002)

3.8 Saturação via úmida e via seca

De acordo com Machado (2002), a saturação por via úmida é realizada quando a fibra é saturada na bancada. Conforme demonstra a figura 8, já a saturação por via seca é aquela onde é realizada diretamente sobre a peça onde será recebida posteriormente a fibra de carbono.

Figura 8 – Saturação da fibra de carbono na bancada.

Fonte: Machado (2002).

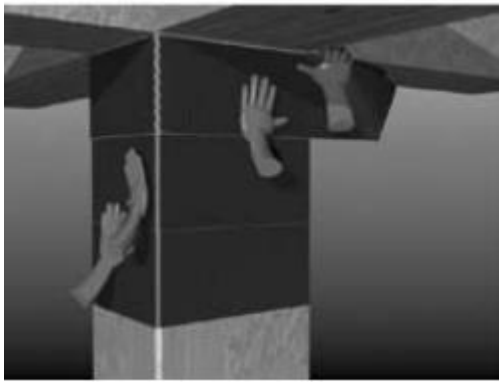
3.9 Aplicação da lâmina de fibra de carbono

Conforme MACHADO (2002) assim que realizada a imprimação independente do método escolhido, a colocação deve ser feita de forma imediata, conforme apresentado na figura 7. Após a colocação em um intervalo de tempo de 25 a 30min poderão ser realizados ajustes, durante essa etapa também é importante à observação sobre o surgimento de bolhas, caso elas apareçam deve ser utilizado um rolete pequeno de aço para que seja expulsa a bolha de ar até a extremidade da lâmina.

Concluída essa fase é necessária a realização de uma segunda camada de saturação, garantindo assim um total encapsulamento da fibra. Dependendo do tipo de projeto de reforço poderão ter várias camadas da fibra de carbono tornando-se necessárioa repetição de tais aplicações. E para a finalização do processo é realizado o acabamento com finalidades estéticas e de proteção do sistema. MACHADO (2002)

A efetivação de todas as camadas presentes pode ser visualizada pela figura 9.

Figura 9 – Aplicação da fibra de carbono.



Fonte: Machado (2002).

4.0 Fibras de carbono submetidas à ação do fogo

Segundo Machado (2002), ao se utilizar as fibras de carbono como material de reforço e sabendo que ele fica aderido à superfície de concreto na parte externa, é imprescindível a sua verificação quanto à resistência ao fogo. Para isso esses sistemas compostos devem atender as normas e códigos vigentes.

Conforme Machado (2002) para isso, dois fatores devem ser levados em consideração. É necessária a avaliação da resina epoxídea utilizada em relação ao

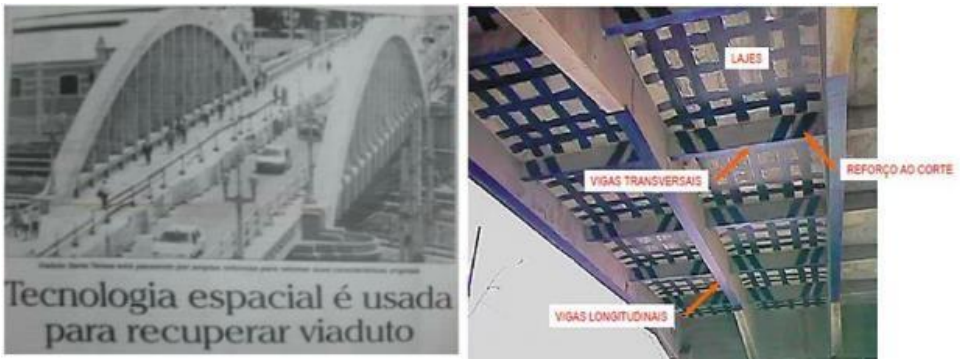
seu potencial de geração de fumaça e propagação de chama, também deve ser analisada a resistência ao fogo da estrutura de concreto após ser reforçada. No que diz respeito aos materiais utilizados no sistema composto, a resina irá definir a resistência ao fogo. Podendo ela ser termoplástica, ou seja, fundir e solidificar várias vezes e as termo estáveis que após passarem por um processo químico não voltam ao estágio inicial depois de submetidas ao aquecimento. Sendo, portanto necessária a aplicação de proteções especiais quando as fibras de carbono forem diretamente expostas ao fogo.

4. APLICAÇÃO DOS SISTEMAS COMPOSTOS

Um exemplo que pode ser citado é o viaduto Arthur Bernardes mais conhecido como viaduto Santa Tereza em Belo Horizonte. O viaduto está localizado entre as ruas Bahia e Itambé - em frente à serraria Souza Pinto, sendo ele a principal ligação entre o centro comercial da cidade e o bairro Santa Tereza. O viaduto possui 390m de extensão,13m de largura e 14m de altura, sua inauguração ocorreu em setembro de 1929. Mas em 1934 o viaduto já começa a surgir problemas e ele começa a sofrer intervenções desde essa época. Nos anos de 1997 á 1999 o viaduto passa por várias melhorias em sua estrutura, com o objetivo de melhorar sua capacidade de suporte sem ter alterações em suas dimensões, foi utilizado então o reforço estrutural com fibra de carbono pela primeira vez na América do Sul. VIADUTO DE SANTA TEREZA (1999)

Na figura 10 podemos observar que foram utilizados reforço nas lajes em duas direções com o objetivo de combater à flexão. Nas vigas observamos a utilização de fibras de carbono com objetivo de absorver os esforços de tração decorrentes de momento fletores positivos e negativos, bem como tensões decorrentes de esforços cortantes. MACHADO (2002).

Figura 10 – Reforço estrutural do viaduto Santa Tereza com fibras de carbono



Fonte: Machado (2009).

Após a conclusão dos trabalhos o viaduto permanece com suas características originais, adaptadas a uma nova demanda de esforços.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estruturas de concreto armado ao longo de sua vida útil sofrem degradações devido a projetos ineficientes, vícios construtivos, materiais de má qualidade, agentes agressivos externos dentre outros, como também podem ter sua utilização modificada, alterando seu carregamento sendo necessária a realização de um reforço.

De acordo com JUVANDES (1999), a técnica de reforço por colagem de sistemas compósitos utilizando a fibra de carbono surge como uma alternativa os quais estão associados vantagens como, durabilidade, facilidade e simplicidade de aplicação e um excelente desempenho mecânico.

Segundo MACHADO (2002), algumas considerações devem ser atendidas antes de especificar e realizar o reforço com fibras de carbono como reparar o concreto danificado, correção de problemas relativos à corrosão ativa, diagnosticar e corrigir peças de concreto que apresentem eflorescências, ataques químicos e fissurações, bem como prever regiões de alívio para minimizar pressões de vapor dentro dos elementos de concreto.

Já (GUDONIS *et al.,* 2013), cita a importância de pesquisas futuras realizarem a verificação dos incrementos de deformações no tempo de elementos de concreto que foram reforçados com o compósito de fibra de carbono.

É importante, contudo investimentos em pesquisas para que eles possam ter maior desempenho tecnológico e que possam ter normatizações brasileiras como objetivo de regulamentar pesquisa e o mercado.

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 5462. Confiabilidade e Mantenabilidade. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 14931.Execução de estruturasde Concreto – Procedimento, 2004.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 6118. Projeto de Estruturas de Concreto. Procedimento, 2014.

ARQUEZ, A. P. Aplicação do Laminado de polímero reforçado com fibras de Carbono (PRFC) inserido em substrato de microconcreto com fibras de aço para reforço à flexão de vigas de cooncreto armado. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.

CALLISTER JUNIOR, W. D. Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução. 5ª ed., Rio de Janeiro: LTC, 2002.

GUDONIS, Eugenijus.; TIMINSKAS,Edgaras.; GRIBNIAK,Viktor.; KAKLAUSKAS, Gintaris.; ARNAUTOV, Aleksandr K.; TAMULÉNAS, Vytautas. FRP Reinforcement for concrete structures: state-of-the-art review of aplication and design. Engineering Structures and Technologies, v. 5, n.4, p.147-158, 2013. Disponível em < https://journals.vgtu.lt/index.php/EST/article/view/4030 >. Acesso em: 01 de agosto de 2020.

JUVANDES, Luís Felipe Pereira. Reforço e reabilitação de estruturas de betão usando materiais Compósitos de CFRP. Lisboa, 1999. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

MACHADO, A. d. P. Reforço de Estruturas de Concreto Armado com Fibras de Carbono. São Paulo: PINI, 2002.

MACHADO, A. d. P. Sistemas compostos para o reforço de pontes. 14° ENACOR (Encontro Nacional de Conservação Rodoviária), 2009. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/1261591>. Acesso em 30 de Setembro de 2020.

METHA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. (2014). Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 2. ed. São Paulo: Instituto brasileiro de Concreto. Cap.1, p.3-5.

SOUZA, V. C., e RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1a ed. São Paulo: PINI, 1998.

TEREZA, Viaduto Santa. Viaduto Santa Tereza. Prefeitura de Belo Horizonte, 1999.

VIAPOL. Manual de Reforço das Estruturas de Concreto Armado com Fibras de Carbono. Disponível em: < http://www.viapol.com.br/media/97576/manual-fibra-de-carbono.pdf > Acessado em: 15 de agosto de 2020.

CAPÍTULO 12

A MATEMÁTICA E O MUNDO TÊXTIL: ENTRE CÁCULOS, MOLDES E TECIDOS

Juliane Mira Bento
Especialista
Faculdade SENAI/SC em Jaraguá do Sul
E-mail: juliane@sc.senai.br

Daniela Viebrantz Mardula
Licenciatura em Física e Licenciatura em Ciências da Natureza
SESI/SENAI/SC em Jaraguá do Sul
E-mail: daniela.mardula@edu.sesisc.org.br

Cláudio Olívio Piotto
Mestre em Educação Faculdade SENAI/SC em Jaraguá do Sul
E-mail: claudio.piotto@sc.senai.br

RESUMO: O presente trabalho trata-se de um relato de experiência para descrever a metodologia de ensino utilizada no ensino da matemática em uma turma de EJA/Profissionalizante, Ensino Médio com Qualificação Profissional em Desenhista de Moda. O objetivo é mostrar uma prática pedagógica ativa e significativa para os alunos, o que possibilitou romper com os temores e dificuldades da matemática. Ao usar método diferenciado, conseguiu-se o envolvimento dos alunos, sua presença nas aulas e a empatia com a matemática. Vale salientar que o aluno da EJA, trabalhador egresso de escola pública, em média após dez anos fora da escola, encontrou nessa maneira de aprendizagem possibilidades de desenvolvimento e, assim, romper com a memória que tinha do ensino da matemática e, com o intuito de tornar tal prática mais completa, houve o envolvimento da turma do curso Técnico em Vestuário, que agiram como consultores da turma, auxiliando na fabricação do molde e no processo de costura.

PALAVRAS-CHAVE: Metodologia Ativa; Aprendizagem Significativa de Matemática; Articulação; Inovação.

ABSTRACT: The present work is an experience report to describe the teaching methodology used in the teaching ofmathematics in a class of EJA / Vocational, High School with Professional Qualification in Fashion Designer. The objective is to show students an active and meaningful pedagogical practice, which madeit possible to break with the fears and difficulties of mathematics. By using a different method, students' involvement, their presence in classes and empathy with mathematics were achieved. It is worth mentioning that the EJA student, a worker who left the public school, on average after ten years out of school, found in this way of learning possibilities of development and, thus, breaking with the memory he had of teaching mathematics and, with the intention of to make this practice more complete, there was the involvement of the class in the Technical Course in Clothing, who acted as consultants to the class, helping in the manufacture of the mold and in the sewing process.

KEYWORDS: Active Methodology; Significant Learning in Mathematics; Articulation; Innovation.

1. INTRODUÇÃO

A missão educacional do Serviço Social da Indústria (SESI), dentre outras finalidades, é priorizar a elevação da escolaridade básica do trabalhador da indústria, por meio da modalidade da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Dentre as várias modalidades, o SESI oferece a EJA profissionalizante, em que o aluno, além de ter a possibilidade de concluir o Ensino Médio, cursa, concomitantemente, uma qualificação profissional ofertada pelo SENAI[1].

Os jovens e adultos evadidos da educação básica retornam à escola com sonhos, necessidades e objetivos. Dessa forma, torna-se necessário que a escola esteja preparada para recebê-lo e mediar suaformação, sendo o papel do professor primordial nesse desenvolvimento, estes "[...] devem atender aos objetivos dos diferentes níveis e modalidades de ensino e às características de cada fase do desenvolvimento do educando". (BRANDÃO, 2007)

É imprescindível salientar que, neste processo, a aplicação de um currículo orientado por eixos temáticos, o qual aborda questões contemporâneas, organizado por área do conhecimento amplia as possibilidades de aprendizagem desse aluno e permite que sua vivência auxilie o seu aprendizado escolar.

Inseridos nessa realidade, este relato de experiência refere-se a uma turma de EJA profissionalizante articulada com a Qualificação Profissional em Desenhista de Moda, na área do conhecimento de Matemática e suas Tecnologias e relacionado às dimensões do trabalho, da tecnologia, da ciência e da cultura.

Dentro de cada área do conhecimento, busca-se estudar para desenvolver competências e habilidades, com o objetivo de tornar o aluno apto a interpretar e agir em diversas situações da vida. Ao desenvolver projetos que envolvam os alunos em cenários de investigação relacionados à realidade dentro e fora da sala de aula, demonstra-se que a Matemática permeia e facilita muitas ações do cotidiano e foi justamente o que aconteceu com a turma da EJA Profissionalizante T0119, que cursa, ao mesmo tempo, o Ensino Médio, por áreas de conhecimento, e a qualificação em Desenhista de Moda.

Com o intuito de tornar a matemática mais atrativa, partiu-se da realidade dos alunos que, em sua maioria, são trabalhadores da indústria local. Dessa feita, a EJA

[1] Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial.

articulada com o curso Técnico em Vestuário, realizou atividades matemáticas por meio da criação de moldes e confecção das peças de roupa, auxiliados pelos alunos do curso técnico, que foram seus mentores e consultores, conforme Freire (1996, p.23) “ensinar inexiste sem aprender e vice-versa e foi aprendendo socialmente que, historicamente, mulheres e homens descobriram que era possível ensinar”.

Com essas ações, criou-se uma rede de aprendizagem entre os alunos de duas modalidades de ensino, o Ensino Médio Profissionalizante e Curso Técnico, fator que possibilitou aos alunos da EJA sentirem segurança na realização das atividades, assim como desenvolveram seus conhecimentos em cálculos matemáticos sem grandes dificuldades. Além disso, essa atividade, a partir do contexto com o cotidiano, significar a aprendizagem e romper com o temor e a negatividade relacionada à matemática, tendo em vista que:

> A história dos números tem alguns milhares de anos. É impossível saber exatamente como tudo começou. Mas uma coisa é certa; os homens não inventaram primeiro os números para depois aprenderem a contar. Pelo contrário, os números foram se formando lentamente, pela prática diária das contagens (VITTI, 1999, p. 50).

Percebe-se claramente que compreender a matemática é uma necessidade básica, já que ações cotidianas, como cuidar de uma conta bancária ou calcular os juros de um financiamento, exigem tais conhecimentos. Contudo, na maioria dos casos, as pessoas tem receio e muita dificuldade diante dessa disciplina, que é trabalhada, predominantemente, de forma teórica. Justamente nesse sentido que o projeto desenvolvido veio para inovar e evidenciar que é possível aprender matemática de forma prática e prazerosa.

2. ENTRE CÁLCULOS, MOLDES E TECIDOS

Em articulação com curso Técnico em Vestuário, os alunos do SENAI foram os consultores dos alunos da EJA no processo da construção da modelagem das peças de roupas escolhidas. Nesse processo de modelagem, os alunos da EJA colocaram em prática habilidades como utilizar instrumentos de medidas (régua, transferidor, compasso) para cada situação. Também interpretaram tabelas de medidas, realizaram cálculos como soma, divisão e multiplicação para identificar os tamanhos de cada parte do molde, fizeram conversão de medidas e para finalizar construíram o

molde de roupa.

A primeira etapa do projeto realizado foi identificar o perfil do consumidor e para isso nossos alunos, em equipes, discutiram quais seriam as informações importantes para identificar o perfil do consumidor na área Têxtil. Sendo assim, cada equipe construiu um formulário online e compartilhou com colegas da escola, do trabalho e familiares.

Como o objetivo da pesquisa era identificar o perfil do consumidor para, então, definir qual seria a peça de roupa a ser confeccionada, o formulário foi composto por perguntas como: a idade, o gênero, a frequência que as pessoas compram roupa, o principal motivo de comprar roupas, quanto se investe/gasta em roupas por ano, o tipo de roupa que compra/utiliza frequentemente, se a pessoa se importa com marca e/ou segue tendências de moda, o tamanho de roupa que geralmente veste, a cor preferida para vestir, o tecido que mais agrada, entre outras.

Após coletar as informações, as equipes organizaram tabelas e gráficos, analisando e identificando as principais informações do perfil do consumidor (figura 1). Assim, após analisarem os dados que foram coletados, discutiram sobre eles e definiram o público alvo para o qual produziriam apeça de roupa, qual seria a peça, o tamanho, tecido e cor utilizada na confecção.

Figura 1 – Organização e análise dos dados coletados.

Fonte: Autores.

Foi então que surgiu a necessidade de realizar uma parceria com o curso Técnico Têxtil, em que os alunos do SENAI foram os consultores dos alunos da EJA no processo da construção da modelagem das peças de roupas escolhidas. Nesse

processo de modelagem, os alunos da EJAcolocaram em prática as habilidades de utilizar instrumentos de medidas adequados para cada situação e também foi necessário interpretar tabelas de medidas e então realizaram cálculos para identificar os tamanhos ideais para cada parte do molde (figura2).

Figura 2 – Construção dos Moldes

Fonte: Autores.

Com os moldes prontos, os estudantes selecionaram os tecidos para o corte, pesando antes e depois. A pesagem foi necessária, ao passo que precisavam calcular, utilizando as medidas, a porcentagem do tecido realmente aproveitado, assim como a porcentagem do tecido que se tornou resíduo.

Realizados os cortes, cada equipe passou para o processo de costura de suas peças de roupa. Alguns alunos já tinham experiência com costura e para outros foi um desafio e um aprendizado muito grande. Quando as peças ficaram prontas era possível ver o orgulho e o brilho nos olhos dos nossos alunos ao apresentarem os resultados obtidos e provarem as peças produzidas, registrando o momento e compartilhando com os colegas (figura 3).

Figura 3 – Produção das peças, praticando o aprendizado

Fonte: Autores.

Conforme comentado anteriormente, na “segunda parte” do projeto, cada equipe com as estimativas de resíduos obtidos no processo de corte das peças de roupa, realizou um estudo sobre como utilizar os retalhos e ao invés de dispensar o material pensar em questões sustentáveis. Nesta pesquisa, descobriram que o Brasil produz por ano 170 mil toneladas de retalhos, conforme o SEBRAE, um desperdício que poderia estar gerando renda e promovendo o estabelecimento de negócios sustentáveis, assim como várias empresas já optaram por doar os resíduos para a criação de artesanato, por exemplo.

Essa ação é um marketing inteligente e positivo, já que o número de consumidores que se preocupam em comprar de forma consciente cresce todos os dias, sem contar que essas empresas ficam conhecidas no mercado como empresas engajadas em causas sociais e ambientais. Então, pensando na questão da sustentabilidade os alunos confeccionaram, com os retalhos obtidos no corte/costura das peças de roupa, peças de artesanato e outras utilidades domésticas, após a confecção desse material as equipes fizeram um brainstorming, analisando se as ideias envolviam criações úteis e relevantes, selecionando uma das ideias para a confecção em maior volume.

Surgiram muitas ideias e utilizando os retalhos do laboratório de corte e costura do SENAI, as equipes, mais uma vez, colocaram suas ideias na prática, dessa vez com uma visão social, confeccionaram produtos como: mantas, tapetes, cortinas,

tiaras para cabelo, porta-lápis e recipientes para utilizarem na cozinha. Essas peças foram doadas para a Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais, APAE, em um evento organizado pelos alunos – Te Abraça SESI, vista-se com Amor, na área de Linguagens e suas Tecnologias (figura 4).

Figura 4 – Processo de criação dos produtos e exposição para doação

Fonte: Autores.

Após todo desenvolvimento das peças, os alunos durante um momento de reflexão com a professora, relataram que não imaginavam encontrar tanta matemática no processo de produção de umapeça de roupa, perceberam que a matemática está presente em muito mais situações do que poderiam supor. De acordo com os relatos dos alunos, o projeto foi uma experiência que permitiu aplicar o conhecimento matemático em situações contextualizadas que fizeram sentido a eles e que tornaram o estudo mais leve e, o que é mais importante, significativo.

Essa etapa foi uma experiência única para os dois grupos de alunos, na medida em que ambos conseguiram colocar em prática vários dos conhecimentos que haviam estudado, bem como para os professores, que puderam compartilhar esse momento o qual foi muito gratificante.

Essa metodologia ativa, de criar, desenvolver, costurar e por fim doar as peças, fortaleceu a qualidade da EJA e possibilitou aos alunos transitarem por vários ambientes de aprendizagem, já que estes têm uma matriz curricular que compreende 80 % do curso a distância em plataforma virtual e 20 % presencial, em que o aluno

precisa criar uma rotina de estudos a distância para que, quando estiver naescola com os colegas, possa desenvolver suas atividades, cabendo ao planejamento possibilitar um ambiente de aprendizagem atrativo ao mesmo, respondendo positivamente aos desafios colocados no PPP da instituição:

> a) Como aproveitar, em termos de metodologia, o pouco tempo do trabalhador com disponibilidade para se dedicar aos estudos (conciliando trabalho, transporte, família, lazer), sabendo-se que, no mundo de hoje, todos precisam continuar a estudar em decorrência da velocidade do progresso e de mudanças e transformações permanentes na sociedade;
> b) Que conhecimentos são relevantes para enfrentar os desafios de hoje, que incluem a segurança, as dificuldades econômicas, as violências sociais e o meio ambiente, e as questões existenciais que se vinculam à vida e às aspirações de cada trabalhador, e que dizem respeito àdimensão particular e mais íntima? (SESI/SC, 2017, p. 15).

Vale destacar, ainda, que esses alunos, em sua maioria, saem direto do trabalho para a escola, apresentam dificuldades com o uso da internet e do computador, o que exige a elaboração de atividades diferenciadas, tendo o professor como mediador/facilitador e o aluno protagonista.

> [...] equipada com atividades diferentes, que se integra com a ida ao laboratório para desenvolver pesquisa e o domínio técnico-pedagógico. Essas atividades se ampliam e se complementam a distância, nos ambientes virtuais de aprendizagem, e se integram aos espaços e tempos de experimentação, de conhecimento da realidade, de inserção em ambientes profissionais e informais. (MORAN, 2012, p. 94).

Essa ação desenvolvida vai ao encontro da necessidade de romper com a escola tradicional e suas metodologias, onde o professor era mero transmissor de conteúdo e o aluno receptor, que deveriaser capaz de reproduzir a transmissão, conforme Freire:

> *[...]* educador faz 'comunicados' e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção 'bancária' da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los. (FREIRE, 1987, P.58).

Nesse contexto houve a ruptura com o modelo tradicional e claramente desenvolveu-se metodologias ativas, uma vez que compreendeu-se que o professor teve uma postura investigativa sobre sua prática, refletiu sobre e ela e implantou uma solução exitosa, tendo os alunos como coautores no processo.

> Ele não conhece de antemão a solução dos problemas que surgirão em sua prática; deve construí-la constantemente ao vivo, às vezes, com grande estresse, sem dispor de todos os dados de uma decisão mais clara. Isso não pode acontecer sem saberes abrangentes, saberes acadêmicos, saberes especializados e saberes oriundos da experiência (PERRENOUD, 2002, p. 11).

Nesse aspecto, os alunos puderam, por meio das atividades práticas e resolução de problemas, individualmente ou em equipes e com o auxílio do professor, resolverem grandes desafios, o que possibilitou que eles fossem os verdadeiros protagonistas do processo ensino-aprendizagem, de forma autonomia e motivada, tendo em vista que se reconheceram parte essencial do processo.

3. CONCLUSÃO

O projeto Matemática e o Mundo Têxtil: Entre moldes, cálculos e tecidos possibilitou que os alunos tivesse uma nova visão em relação à área de Matemática, proporcionando que a aprendizagem se desse de forma concreta, prazerosa e significativa, com a utilização de vários ambientes e metodologias inovadores, o que fez com que, neste turma, não houvesse evasão escolar, o que é muito comum na realidade da EJA., além disso, houveram poucos atrasos ou faltas, o que é um fator muito positivo, na medida em que, como supracitado, os educandos são trabalhadores e, em sua maioria, vêm direto do trabalho.

Também é pertinente salientar que os estudantes, em muitas situações de aprendizagem, sequer percebiam que estavam aprendendo matemática, na medida em que estavam totalmente imersos nas atividades de modelagem e produção das peças. Assim, desenvolviam os cálculos sem preocupação com um resultado numérico, mas sim na busca do sucesso no produto final que era a peça de roupa, ou seja, aprendiam a matemática necessária para o cotidiano com leveza e de forma concreta, ao passo que trabalharam a aplicabilidade dos objetos do conhecimento.

Inclusive no ambiente virtual de aprendizagem (AVA), as atividades era todas contextualizadas com o projeto e a área de conhecimento, o que possibilitou que os alunos concretizassem a aprendizagem dos conteúdos formais necessários, tanto para o Ensino Médio, quanto para seu desenvolvimento no curso de Qualificação Profissional de Desenhista de Moda.

Para que todo esse processo fosse completo, a participação dos alunos do SENAI foi imprescindível, ao passo que, além de compartilharem seus conhecimentos

Relacionados ao curso técnico, também serviram de modelo de sucesso, deixando evidente, que assim como eles, os discentes da EJA também são capazes de progrediram tanto na área educacional, quanto em cursos que cooperam para sua evolução profissional.

Ainda é relevante citar que não foi encontrado nenhum registro de outra prática pedagógica como esta, em que, por meio de metodologias ativas inovadoras, integrou-se turmas de diferentes níveis e modalidades em um projeto colaborativo, com os resultados positivos salientados no decorrer deste texto, que reforça a certeza de que se trata de um caminho assertivo a ser seguido.

REFERÊNCIAS

BRANDÃO, C. da F. LDB passo a passo: Lei de diretrizes e bases da educação nacional comentada e interpretada, artigo por artigo. 3ªed. São Paulo: Editora Avercamp, 2007.

FREIRE, Paulo. Pedagogia do Oprimido.17ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

MIRANDA, L. A. V. Educação online: interações e estilos de aprendizagem de alunos do ensino superior numa plataforma web. 2005. 382 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade do Minho, Braga, 2005. Disponível em: Acesso em: 10 fev. 2018.

MORAN, J. M.; MASETTO T. M.; BEHRENS M. A. Novas tecnologias e mediação pedagógica. Campinas: Papirus, 2000.

MORAN, J. M. A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá. 5.ed. Campinas: Papirus, 2012.

PERRENOUD, Philippe. A prática reflexiva no ofício de professor: profissionalização e razão pedagógica. Porto Alegre: Artmed, 2002

SCHNEIDER, F. Otimização do espaço escolar por meio do modelo de ensino híbrido. In: BACICH L.; NETO A. T.; TREVISANI de M. F. (org.). Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015, p.67-80.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. Projeto político pedagógico. Florianópolis, 2017.

VARGAS, De V.; FANTINATO, M. C. de C. B. Formação de professores da Educação de Jovens e Adultos: diversidade, diálogo, autonomia. Revista Diálogo Educ., Curitiba, v. 11, n. 34, p. 915-931, set. /dez. 2011.

VITTI, C. M. Matemática com prazer, a partir da história e da geometria. 2ª Ed. Piracicaba – São Paulo. Editora UNIMEP. 1999. 103p.

CAPÍTULO 13

A APLICABILIDADE DA LOGÍSTICA REVERSA NO PROCESSO DE DESFAZIMENTO DE BENS PÚBLICOS DE INFORMÁTICA: UM ESTUDO DE CASO NO IFAM/CMDI

Yanna Santos de Medeiros
Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal do Pará
Endereço: Bairro Guamá. Cep. 66075-110 Belém/Pará. Brasil
E-mail: Yanna.medeiros@hotmail.com

Sil Franciley dos Santos Quaresma
Dr. do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal do Pará
Endereço: Bairro Guamá. Cep. 66075-110 Belém/Pará. Brasil

RESUMO: O consumo desenfreado de bens aliado ao crescimento populacional, ocasionaram um significativo aumento na geração de resíduos sólidos no Brasil. A procura pelo seu descarte correto e pela sustentabilidade vem se tornando uma vertente importante adotada não apenas pelo setor privado, mas também pelo setor Público que tem implantado legislações ambientais e políticas públicas que obrigam seus órgãos a adotarem programas que minimizem os impactos no meio ambiente. Assim, esse estudo buscou propor a aplicação de Logística Reversa na destinação final de equipamentos de informática, apóso processo de desfazimento de bens no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas/Campus Manaus Distrito Industrial, evidenciando as vantagensde práticas adotadas em cumprimento às normas existentes. Esta pesquisa é de caráter qualitativa e foi usada para reconhecer opiniões acerca desta temática, pois ela dá a liberdade ao entrevistado de responder e dar sua própria opinião. Após a análise e aplicação de todos os processos, pode-se perceber que, quando ocorre a troca de materiais eletrônicos dentro do campus, os antigos são colocados em uma sala, com o objetivo de analisar quais poderão ser recuperados pela equipe de informática, e em seguida um percentual de 20 % a 25 % é enviado aos Campi do interior. Após isso, os outros equipamentos residuais são enviados para um container e ficam lá até que se realize o processo de desfazimento. Também foi possível perceber que, a viabilidade da Logística Reversa do Lixo Tecnológico é extremamente viável quando somada a outros benefícios, tais como, ambientais e sociais. Estes suscitam uma grande contribuição não só para o IFAM/CMDI como também para a sociedade em geral. Entretanto, mesmo com essa evolução na utilização da logística reversa e consequentemente na adequação a lei n. 12.305 (PNRS), conclui-se que tal crescimento ainda não é suficiente perante a constante evolução do consumo e geração de resíduos pela população brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: Desfazimento; Lixo Eletrônico; Logística Reversa.

ABSTRACT: The unrestrained consumption of goods, coupled with population growth, caused a significant increase in the generation of solid waste in Brazil. The search for its correct disposal and sustainability has become an important aspect adopted not only

by the private sector, but also by the Public sector, which has implemented environmental legislation and public policies that oblige its agencies to adopt programs that minimize impacts on the environment. Thus, this study sought to propose the application of Reverse Logistics in the final destination of computer equipment, after the process of disposing of assets at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Amazonas, showing the advantages of practices adopted in compliance with existing standards. This research is of a qualitative nature and was used to recognize opinions about this theme, as it gives the respondent freedom to respond and give their own opinion. Through the collection mechanisms, it was possible to identify the computer equipment that can be reused through the application of the LR and the final destination of those unusable. After analyzing and applying all the processes, it can be seen that, when electronic materials are exchanged, the old ones are placed in a room, with the aim of analyzing which ones can be recovered by the computer team, and then a 20 % to 25 % is sent to Campis in the interior. After that, the other residual equipment is sent to a container and remains there until the undoing process takes place. It was also possible to realize that the viability of the Technological Waste Reverse Logistics is extremely viable when added to other benefits, such as, environmental and social. These make a great contribution not only to IFAM / CMDI but also to society in general. However, even with this evolution in the useof reverse logistics and consequently in the adaptation to Law 12.305 (PNRS), it is concluded that such growth is still not enough in view of the constant evolution of consumption and generation of waste by the Brazilian population.

KEYWORDS: Undo; Electronic Waste; Reverse logistic.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos despertam o desejo de consumo desenfreado nas pessoas. A busca por algo que o mercado torna necessário tem sido cada vez mais intensificado nos últimos anos. A cultura da substituição vem aumentando, devido ao modelo de consumo que é imposto, principalmente de produtos eletroeletrônicos. (TUNES, 2014).

Hoje, é fato que, as trocas constantes de produtos que poderiam ser consertados resultam em um descarte incorreto desses bens, prejudicando o meio ambiente, poluindo os solos, os rios, as nascentes, o ar e causando doenças graves às pessoas que tiram dos lixões o seu sustento.

No setor público, a realidade não é diferente. As contratações e aquisições alcançam uma parcela significativa do Produto Interno Bruto Brasileiro e, mesmo diante da burocracia existente para aquisição de bens de capital, o consumo é realizado em grande escala gerando acúmulos de bens obsoletos em diversos setores. Bens sem a destinação correta que vão se aglomerando no decorrer do tempo (IBGE, 2017).

Para tentar conter tal realidade, o Poder Público tem desenvolvido políticas públicas para que as práticas sustentáveis aconteçam desde a fase inicial de cada aquisição, por meio das Contratações Públicas Sustentáveis. A Lei nº 12.349/2010, que alterou a Lei nº 8.666/1993, incluiu a promoção do desenvolvimento nacional sustentável entre os princípios a serem garantidos em uma licitação. Considerando, assim, as variáveis de sustentabilidade em todas as etapas da contratação (BIDERMAN, R. 2017).

Sob essa perspectiva, foi criada a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual regulou as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, bem como as responsabilidades dos geradores e do poder público. Diante da preocupação com o meio ambiente e da determinação da Lei Federal, ela veio para uniformizar as regras em todo oterritório nacional, e a todos os envolvidos na produção, no consumo e no descarte ambientalmente adequado. (BRASIL, 2010).

A regulamentação da Lei nº 12.305/2010 foi realizada pelo Decreto nº 7.404/2010. Tal normativa inova a Política Nacional de Resíduos Sólidos, implantando o Sistema de Logística Reversa (LR).

A LR é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado porum conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2012).

Sobre isso, a Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, também normatizou a logística sustentável por meioda Instrução Normativa nº 10/2012, na qual criou os Planos de Gestão de Logística Sustentável. Diante disso, a Administração Pública Federal passou a seguir normas sustentáveis para o planejamento, metas, aquisições, consumo e descarte correto com práticas de sustentabilidade e racionalização de gastos e processos na Administração Pública (BRASIL, 2010).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2010), o Governo Federal estimulou os Órgãos Públicos a implementarem as práticas de sustentabilidade através do programa Agenda Ambiental na Administração Pública. É um programa voluntário, que envolve as três instâncias do Governo, bem como seus três poderes, que visa determinar diretrizes para a proteção da natureza e resulta na redução dos gastos públicos. Os órgãos que implementaram a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), estão inseridos no projeto “Coleta Seletiva Solidária”, no qual os resíduos aptos à reciclagem são separados e encaminhados às associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis. Protegendo a natureza e gerando emprego e renda a uma parcela da população. Com a evolução das organizações, os gestores públicos não estão mais limitados a decisões que envolvam apenas os aspectos financeiros das aquisições e contratações, mas foram elevados a outro patamar, em que surge a importância das decisões sociais e ambientais, buscando a sustentabilidade e atingindo o equilíbrio dessas três dimensões (OMENA.; 2016).

Considerando o elevado consumo de bens com a redução do seu ciclo de vida, o fluxo de mercadorias tende a crescer cada vez mais. Diante disso, a busca pela reciclagem e pela sustentabilidade tem que ser intensificada em todas as áreas da sociedade. Salienta-se que a vida de um produto não acaba quando ocorre a entrega ao cliente, pois no futuro eles se tornam obsoletos, devendo retornar ao início do processo para serem adequadamente descartados ou reaproveitados. Salientando-se que se deve envolver não apenas os consumidores, mas os fabricantes, os comerciantes, os distribuidores e os responsáveis pela limpeza urbana.

Entre os diversos tipos de resíduos gerados, há aqueles com maior nível de periculosidade, que são os equipamentos elétricos e eletrônicos. São resíduos mais complexos para a realização do descarte de maneira legalmente correta. Esta singularidade foi determinante para o estudo dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) como objeto desta pesquisa e como delimitação dentro do assunto a respeito da disposição final desses resíduos. Juntamente a isso, a Lei n. 12.305/2010 estabelece, dentre outros produtos, que o descarte dos mesmos deve ser feito por meio da Logística Reversa (BBCBRASIL.COM, 2014).

Assim, o campo de pesquisa deste trabalho buscou analisar a possibilidade da aplicação de Logística Reversa na destinação final de equipamentos de informática, após o processo de desfazimento de bens no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas/Campus Manaus Distrito Industrial, bem como propor ações de melhoria com foco na aplicação da logística reversa.

Como forma de delimitação do escopo do estudo, serão focalizados: monitores, CPU's, impressoras e outros itens de informática (como no-breaks, estabilizadores, entre outros).

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Resíduos eletroeletrônicos e as legislações políticas eambientais do brasil

Pode-se definir como resíduo eletrônico tudo o que é enviado para o lixo proveniente de peças e equipamentos eletroeletrônicos (ROCHA, 2017).

O Brasil é regido pela Diretiva Europeia (2012), quanto às definições de equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE), que são aqueles cujo adequado funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos. Bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos.

Igualmente, a definição de Resíduos de Equipamentos de Eletroeletrônicos (REEE) mais aceita no Brasil também vem da Comunidade Europeia, instituída através da Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu, no qual incluem como resíduos dos equipamentos elétricos ou eletrônicos todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que ele é descartado.

No mundo, a geração de lixo eletrônico atingiu 44,7 milhões de toneladas em 2016, um aumento de 8 % em relação ao ano anterior. Desse montante, apenas 20 % foram reciclados. Economicamente, os prejuízos envolvidos no descarte destes produtos, sem reaproveitamento ou reciclagem, envolvem a extração de novas matérias-primas e custos envolvidos em toda cadeia produtiva. Além de custos, o volume do lixo digital representa desperdício de recursos, ao ocupar indevidamente lixões e aterros sanitários (ANDRADE *et al.*, 2010).

Em paralelo aos prejuízos econômicos e sociais, a cadeia produtiva de um equipamento eletrônico (extração de matéria-prima, produção, transporte) afeta o meio ambiente com o consumo dos recursos naturais, queima de combustíveis fósseis eemissões de poluentes nas mais diversas formas. De acordo com a Organização das Nações Unidas (2017) cerca de 1,8 toneladas de diversos materiais são utilizadas no processo produtivo de um computador, incluindo 240 quilos de combustíveis fósseis, 22 quilos de produtos químicos e 1.500 quilos de água, que deve ser rigorosamente pura e sai totalmente contaminada após o processo.

O consumo desmedido, diante da rápida evolução tecnológica, agrava ainda maisos impactos socioambientais, e a incapacidade de gerir esses resíduos torna-se um risco para o meio ambiente e para a saúde pública, diante do crescimento de sucatas recheadas de substâncias toxicas em sua composição, que não evoluem na mesma intensidade do consumo. (QUINTANA e BENETTI, 2016).

Ainda que a vida útil de um computador, seja estimada em 10 anos, na prática nos primeiros 04 anos de uso já se tornam obsoletos, devido à massiva inovação tecnológica e rápida obsolescência programada, fazendo com que a vida útil do produto seja reduzida, estimulando a aquisição de novas versões. (LEITE, 2019).

De acordo com o Art. 225 da constituição de 1988, “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

Um ano depois, em 1989, criou-se o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, por meio da Lei n^0 7.735/1989. Esse novo órgão foi criado com a promessa de absorver as competências da SEMA e também de diversos outros órgãos que eram responsáveis pela política ambiental, contudo de forma fragmentada. Assim, mesmo diante da crise econômica enfrentada no Brasil, naquela época, foi evidenciado um grande avanço na obediência às

legislações ambientais por parte do poder público. Impulsionando a fiscalização e a proteção ao meio ambiente. (grifomeu).

Já em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), com representantes de 179 países, popularmente conhecida como Rio 92 ou Eco 92. Tal reunião representou um marco na proteção ao meio ambiente, identificando as políticas que tinham efeitos ambientais negativos, enfatizando o desenvolvimento sustentável e estabelecendo metas para o desenvolvimento do modelo que respeitasse os ecossistemas (BONJARDIM *et al.*, 2016). A aprovação da Agenda 21 foi um dos principais resultados da Conferência Rio 92, documento esse em que cada país se comprometeu a cooperar no estudo de soluções para os problemas ambientais, por meio da mudança de rumo do desenvolvimento. No qual, tanto a produção quanto o consumo mereceram capítulos específicos com detalhamento e recomendações para torná-los menos impactantes em termos sociais e ambientais (TUNES, 2014).

O desenvolvimento sustentável ganhou forças a partir da Conferência Rio 92, quando os envolvidos: sociedade, organizações e Poder Público entenderam que somente com a implantação de uma nova visão de crescimento econômico, no qual garantisse a produção de bens e serviços atendendo às necessidades do ser humano, juntamente com apreservação do meio ambiente, poderiam atuar de forma engrenada, de tal maneira que todos fossem beneficiados.

Entretanto, quando falamos em práticas ambientais dentro dos institutos, universidades e escolas brasileiras, é notório que ainda falta muito, pois de acordo com Aguiar (2014), as legislações ambientais tem sido uma alquimia desconhecida para o povo, e a falta de inserção da disciplina “meio ambiente” nos conteúdos escolares, seja como tema transversal, seja como componente curricular, ainda não se tornou efetiva, poisas práticas pedagógicas ainda são desenvolvidas somente em datas pontuais, como por exemplo o dia da árvore ou semana do meio ambiente.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida dentro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - Campus Manaus, Distrito Industrial. (figura 1). Criado em 1940, ele oferece cursos técnicos de nível médio, graduação e pós-

graduação.

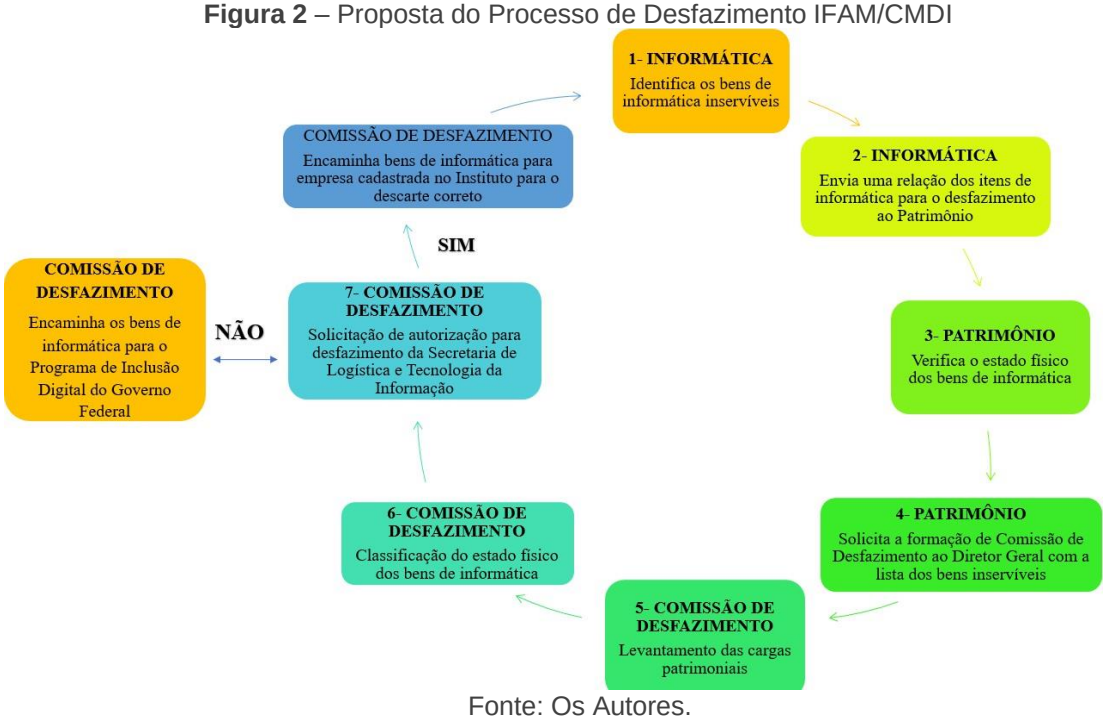
Figura 1 – IFAM/CMDI

Fonte: www.ifam.edu.br acesso em 24.10.2020.

Esta pesquisa teve o propósito de propor a aplicação da Logística Reversa na destinação final de equipamentos de informática, após o processo de desfazimento de bens no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas/Campus Manaus, Distrito Industrial.

Dessa forma, é proposto todo o processo de descarte dos Resíduos Eletrônicos a ser implantado dentro do IFAM/CMDI, de acordo com a legislação vigente. A saber:

Figura 2 – Proposta do Processo de Desfazimento IFAM/CMDI



Fonte: Os Autores.

É importante frisar que, a cada período uma equipe deverá ser formada para

ficar responsável pelo processo de desfazimento de bens de informática do referido campus. Estes, serão responsáveis por reunir-se regularmente para atender os objetivos da comissão, no prazo estipulado pela Gestão, e ...

a) Proceder à vistoria de bens de informática inservíveis in loco;
b) Fazer o levantamento das cargas patrimoniais;
c) Verificar a relação dos bens, bem como seu estado físico, e classificar e enquadrar cada um em: Ociosos; Recuperáveis; Antieconômicos ou Irrecuperáveis, conforme o artigo 3 do decreto nº 9.373 de 11 de maio de 2018;
d) Pedir autorização para o desfazimento da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação;
e) Realizar a destinação adequada dos bens, por meio de empresa de reciclagem;
f) Encaminhar relatório com parecer e justificativa da Comissão, bem como com os resultados encontrados, embasados na lei, para a Direção Geral.

Vale ressaltar que, os Institutos Federais de Educação, assim como outras entidades podem optar pela doação desses materiais, desde que sigam as medidas adotas pela Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação, a qual indicará a instituição receptora dos bens, em consonância com o Programa de Inclusão Digital do Governo Federal. (Incluído pelo Decreto nº 6.087, de 2007).

Para melhor apresentar todo esse processo, foi utilizada a ferramenta 5W2H, pois ela é uma ferramenta administrativa que pode ser utilizada em qualquer processo a fim de registrar de maneira organizada e planejada como serão efetuadas as ações, assim como o que será feito, quando, quem, onde, por que, como e quanto irá custar para a instituição. (MATTOS, 2010).

Quadro 1 - Proposta de aplicação da ferramenta 5w2h para melhoria dos processos de Logística Reversa-IFAM-CMDI

O que será feito?	Proposta de Implantação de Logística Reversa dentro do IFAM-CMDI
Quando?	Durante todo o ano letivo
Quem desenvolverá?	Todas as ações serão desenvolvidas por uma equipe (a ser criada) multidisciplinar envolvendo, professores, alunos, funcionários da limpeza, gerencia acadêmica e administrativo.
Onde?	IFAM-CMDI
Por quê?	Com a implantação da Logística reversa e padronização dos processos de desfazimentos, os benefícios aparecerão em todos os setores do campi. A partir desse trabalho, os professores poderão desenvolver novas práticas de ensino ambiental através de projetos de pesquisa e extensão.
Ações?	Implantação da Logística Reversa. Criar um fluxo Institucionalizado para padronizar o processo de desfazimento. Criar postos de coleta de resíduos de resíduos eletrônicos nas três 3 entradas(portaria) do IFAM-CMDI. Sendo este projeto uma proposta desta pesquisadora, a qual trabalha na parte administrativa do campus, espera-se que os professores possam tomá-lo como base para a criação de novos projetos de LR, os quais só contribuirão com a diminuição do lixo eletrônico do Campus.

Fonte: Os Autores.

Após a aplicação da Ferramenta 5w2h, também foi aplicado um questionário semi-estruturado junto a Coordenação de Patrimonio do IFAM-CMDI, técnicos de laboratorios e discentes, visando conhecer um pouco mais sobre as ações existentes dentro do Instituto. Por isso, o método desta pesquisa foi o descritivo com caráter qualitativo, pois de acordocom Gil (2010), a pesquisa qualitativa é usada para reconhecer opiniões acerca de determinado assunto, ela dá a liberdade ao entrevistado de responder e dar sua própria opinião.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nos dias atuais, a gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) representa um desafio aos gestores nas tomadas de decisão. Isso se deve ao fato de serem resíduos que podem ser caracterizados como perigosos, em decorrência de sua composição com substâncias prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente.

Visando entender um pouco mais sobre os procedimentos adotados pelo IFAM-CMDI no que tange o descarte de equipamentos de informática, foi direcionada a respectiva pergunta a comissão de desfazimento da unidade.

1- A Instituição segue os procedimentos legais exigidos para o descarte dos materiais de eletrônicos?

Quadro 2 - O IFAM-CMDI segue os procedimentos legais exigidos?

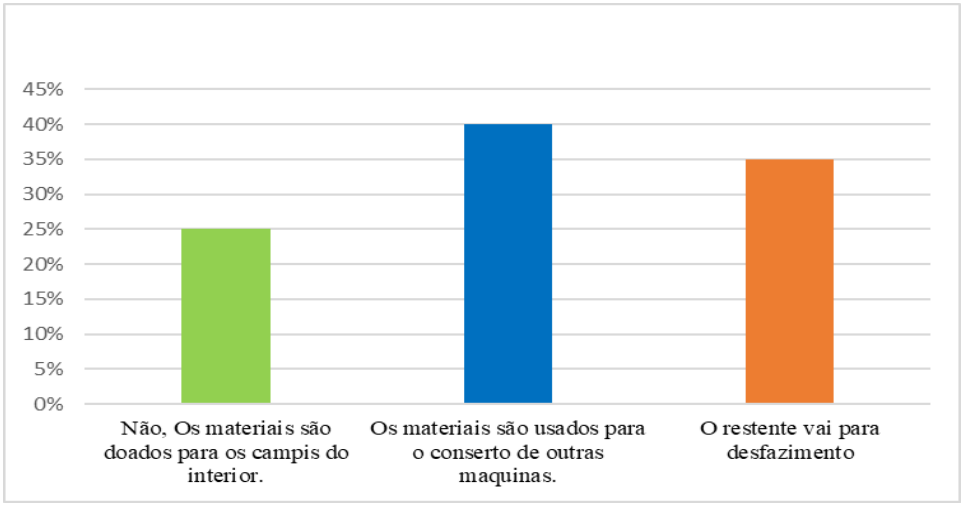
Comissão de Desfazimento	De acordo com a comissão, o processo de desfazimento de bens móveis nos órgãos públicos federais é regido pelo Decreto nº 9.373, de 11 de maio de 2018. No caso de materiais de informática há ainda peculiaridades a serem seguidas, como informar à Secretaria de Inclusão Digital (SID/MC), secretaria integrante do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações do Governo Federal, a existência de todos os equipamentos de informática, classificando-os de acordo com o Decreto. Segundo a equipe, a instituição segue os padrões exigidos e salienta sobre a importância da pesquisa, acompanhar o processo de desfazimento de bens de informática dentro do Campus, verificando o emprego da sustentabilidade e do método utilizado no descarte dos resíduos sólidos gerados aqui. Dessa forma, haverá uma contribuição direta na normatização do processo de desfazimento desses materiais dentro Campus, bem como na divulgação e no incentivo à utilização das legislações vigentes, na redução de poluição que o lixo existente pode causar, tanto visual, como ao meio ambiente, e na disseminação da importância de descartar o lixo eletrônico com consciência e responsabilidade, por meio dos procedimentos legalmente corretos.

Fonte: Os Autores.

Levando em consideração o relato da comissão de desfazimento, foi possível constatar que o lixo eletrônico é uma questão preocupante, e que os gestores estão cientes dessa problemática. De acordo com um relatório de 2019 feito pelo Fórum Econômico Mundial, aproximadamente 50 toneladas de lixo eletrônico são produzidas anualmente e apenas 20 % disso são formalmente recicladas! Em nossa taxa de rápido consumo e crescimento populacional, acredita-se que esse número possa atingir 120 milhões de toneladas de lixo eletrônico a cada ano até 2050.

A equipe de desfazimento também foi questionada sobre “A logística reversa é aplicada nessa instituição, em específico nos equipamentos de informática?

Figura 3 - A logística reversa é aplicada nessa instituição, em específico nos equipamentos de informática?

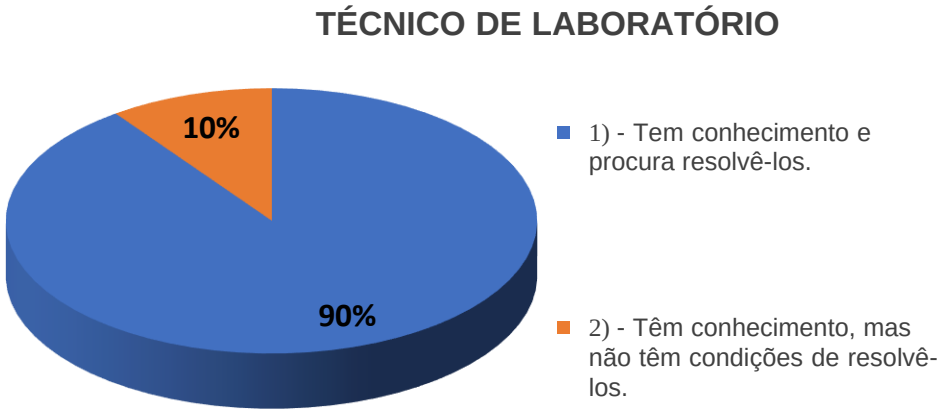


Fonte: Os Autores.

Segundo eles, o sistema de LR não é aplicado dentro do campus, com isso o Instituto doa um percentual de 20 % a 25 % dos materiais para os campi do interior. 40 % desses materiais são usados para o conserto de outras máquinas e o restante vai para o desfazimento.

Além da equipe de desfazimento, os técnicos de laboratórios também foram questionados. Você considera que a equipe Gestão de forma geral tem conhecimento sobre o problema da destinação dos equipamentos de informática e busca seguir as legislações específicas de desfazimento de bens?”

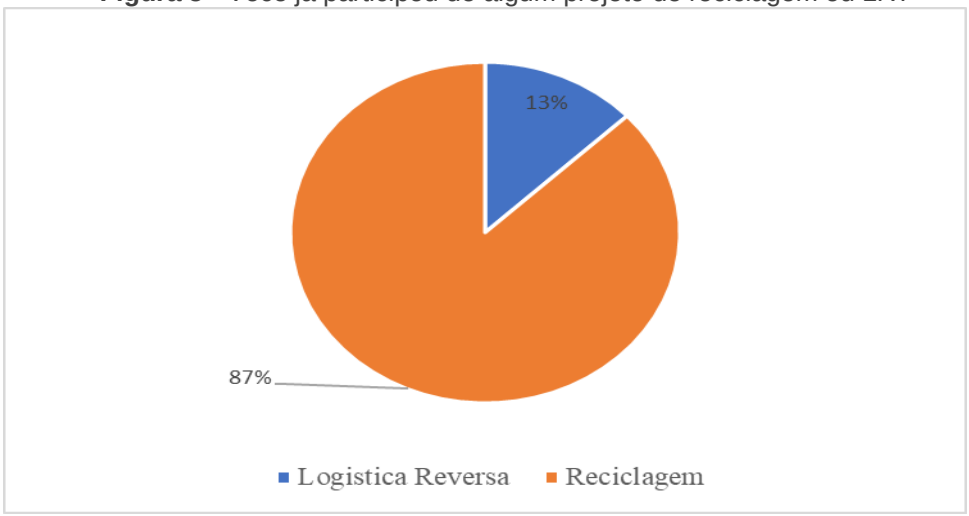
Figura 4 - você considera que a equipe Gestão de forma geral tem conhecimento sobre o problema da destinação dos equipamentos de informática e busca seguir as legislações específicas de desfazimento de bens?”



Fonte: Os Autores.

Os discentes também participaram da pesquisa. Você já participou de algum projeto de reciclagem ou Logística Reversa?

Figura 5 - Você já participou de algum projeto de reciclagem ou LR?



Fonte: Os Autores.

Com o gráfico 5 é perceptível que 87 % dos estudantes já participaram de algum projeto de reciclagem, enquanto somente 13 % participaram de projetos sobre Logística Reversa. Isso exemplifica que ainda existe uma necessidade da implantação da LR, e isso pode começar dentro dos centros de ensino do país.

Dessa forma, nota-se a importância da logística reversa, pois, além da pertinência ambiental, também pode ser avaliada em duas situações, a econômica e a social, formandoa base dos três pilares do desenvolvimento sustentável. O econômico está relacionado coma reutilização ou revenda dos materiais retornados, gerando um ganho financeiro para a instituições. No âmbito social refere-se aos ganhos recebidos pela sociedade com o processo reverso das instituições sejam elas públicas ou privadas (CAMPOS, 2016).

Sobre isso, o autor Campos (2016) evidencia o tamanho dos desafios para a implantação dos sistemas de logísticas reversa no país com efeito direto nos aspectos sociais, coforme figura 6.

Quadro 2 – Aspectos sociais dos desafios para a implantação de sistemas de LR no Brasil.

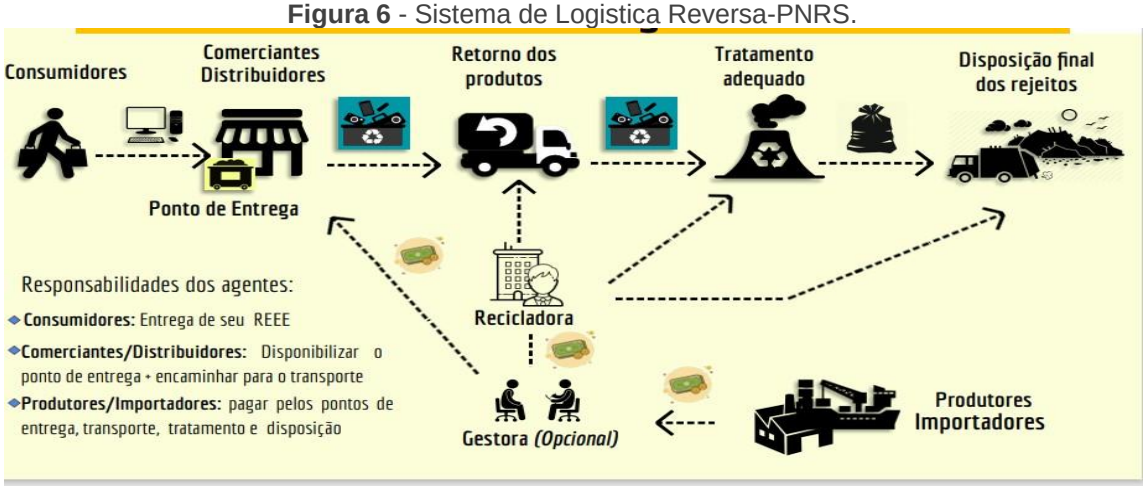
CATEGORIAS	DESAFIOS
MÃO DE OBRA	Capacitar mão de obra na área de gestão e operações dos Sistema deLogistica Reversa - SLR. Capacitar as organizações de catadores com vistas a sua estruturação para os SRL.
PARTICIPAÇÃO DA POPULAÇÃO	Criar um amplo programa de educação Ambiental e desensibilização da população.
CANAIS DE COMUNICAÇÃO	Orientar a mudança de cultura do consumidor, do comerciante e de suas equips quanto ao manuseio e a segregação adequada e posterior a devolução dos resíduos. Promover ações de divulgação e conscientização.

Fonte: Os Autores.

Além dos aspectos sociais, o autor supracitado também enfatiza que, a reciclagem eletrônica é de extrema relevância, pois além de contribuir com o meio ambiente, pode ajudar a criar diversos trabalhos locais.

De acorco com o sistema de LR impantado pela PNRS, cada agente tem suas responsabilidades, a saber:

Figura 6 - Sistema de Logistica Reversa-PNRS.



Fonte: Os Autores.

No Brasil, após 21 anos de tramitação no Congresso Nacional, foi promulgada, em 2010, a Lei n.º12.305 que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) com o objetivo de promover o gerenciamento ambiental adequado dos resíduos sólidos de forma isolada pelo Governo Federal ou em regime de cooperação entre Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares (BRASIL, 2013).

A criação da lei n. 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, representou um avanço para o Brasil sobre as questões ambientais, enfatizando o tratamento dos lixos urbanos. Trouxe um progresso nas leis brasileiras,

pois priorizou e compartilhou, com todas as partes relacionadas ao ciclo de vida de um produto, a responsabilidade pela gestão integrada e pelo gerenciamento ambiental adequado dos resíduos sólidos.

Assim, a iniciativa privada, a sociedade e o setor público se responsabilizam pelo retorno dos produtos às indústrias após o consumo e obriga o setor público a realizar planos para o gerenciamento do lixo, com o estímulo à participação formal dos catadores organizados em cooperativas (ABDI, 2012).

Sob essa perspectiva, quando falamos de Gerenciamento de Resíduos Eletroeletrônicos, Reciclagem e Logística Reversa dentro dos Institutos Federais e outras instituições de ensino do país percebe-se que ainda é grande a necessidade de novas discussões e debates sobre essa questão.

Sobre isso, Azevedo (2017) afirma que “devido a sua expressiva geração e complexa composição, os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) estão entre os principais resíduos sólidos gerados nas IESs. A geração expressiva de REEEs pode ser justificada pelo avanço tecnológico, inclusive na área da educação, aliado à redução do ciclo de vida desses equipamentos.”

Após diversas leituras e uma análise aprofundada em diversos trabalhos publicados em revistas científicas, foi possível perceber que nos tempos atuais é cada vez mais difícil encontrar uma instituição de ensino superior que não tenha pelo menos uma iniciativa de sustentabilidade desenvolvida no campo da sustentabilidade (ALVES, 2014).

Entretanto, notou-se que essas ações ainda são desenvolvidas em datas pontuais, e um outro problema verificado, é o elevado acúmulo de equipamentos, especialmente em laboratórios (das diversas instituições de ensino superior do país). Isso se deve ao fato dos pesquisadores optarem por manter os equipamentos antigos armazenados (em sua maioria, informática e telecomunicações) por questões de segurança, para o caso dos equipamentos novos estragarem, visto que nem sempre há recursos disponíveis para fazer os reparos e adquirir peças de reposição (PANIZON, 2017).

Com isso, percebeu-se também que, diante das diversas categorias que mais geram REEEs nas instituições do país, a de informática e telecomunicações respondem por quase a metade de todo o material, ou seja, 48 % destes materiais. De acordo com o autor ora citado, ainda que a vida útil de um computador (por exemplo), seja estimada em 10 anos, na prática nos primeiros 04 anos de uso já se

tornam obsoletos, devido à massiva inovação tecnológica e à rápida obsolescência programada, fazendo com que a vida útil do produto seja reduzida, estimulando a aquisição de novas versões (QUINTANA e BENETTI, 2016).

5. CONCLUSÃO

Após a análise e aplicação de todos os processos, pode-se perceber que, o sistema de Logística Reversa não é aplicado dentro do campus. Quando é necessário ocorrer a troca de materiais eletrônicos, os materiais antigos são colocados em uma sala, com o objetivo de analisar quais poderão ser recuperados pela equipe de informática, e em seguida um percentual de 20 % a 25 % é enviado aos Campi do interior. 40 % desses materiais são usados para o conserto de outras máquinas e o restante vai para um container até que se realize o processo de desfazimento.

Também foi possível notar que a Logística Reversa do Lixo Tecnológico é extremamente viável quando somada a outros benefícios, tais como, ambientais e sociais. Estes suscitam uma grande contribuição não só para o IFAM/CMDI como também para a sociedade em geral. Entretanto, mesmo com essa evolução na utilização da logística reversa e consequentemente na adequação à lei n. 12.305 (PNRS), conclui-se que tal crescimento ainda não é suficiente perante a constante evolução do consumo e geração de resíduos pela população brasileira.

Sobre isso, vale lembrar o pensamento de Andrade *et al.* (2010). Este autor afirma que as formas convencionais de desfazimento de bens praticados na administração pública federal (doação ou venda mediante a realização de leilão), sozinhas não tem sido suficiente para lidar com o acúmulo de equipamentos em desuso nos órgãos federais. Seus estudos dentro de instituições de ensino superior no Brasil, apontam que “nós nos tornamos uma sociedade descartável”. Quando os itens não são mais necessários devido a sua idade ou quando um novo modelo é lançado, geralmente joga-se fora os antigos e adquire-se um novo produto. Isso, por sua vez, contribui para a quantidade de resíduos que geramos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. T. G., FONSECA, C. S. M., MATTOS, K. M. C. Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática das instituições de ensino superior de Natal – RN, Holos, v. 2, p. 100-112, 2010.

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos – Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. 2012. Disponível. em: http://www.desenvolvimento.gov.br//arquivos/dwnl_1362058667.pdf>. Acesso em 26/10/2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Perfil dos Estados Brasileiros, 2017. Disponível em: <http://ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Estados/2010/estadic2010.pdf. Acessado em: 13 de setembro de 2020.

BIDERMAN, Rachel. *et al.* (Orgs). Guia de compras públicas sustentáveis - uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei 12.305. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Acesso em: 17 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei 12.305. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Acesso em: 12 de outubro de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm>.

BRASIL. Decreto N° 7.404/2010 - Casa Civil da Presidência da República do. (23 de 12 de 2013). Planalto. Acesso em 07.09 de 2020, disponível em Planato.gov.br.

CAMPOS, T. Logística reversa: aplicação ao problema das embalagens da CEAGESP. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. São Paulo. 2016.

CASTRO, Jéssica de. Dimensions of Corporate Sustainability: The Perception of Managers Timber of Region Central South Paraná. 2015.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEITE, P. R. Logística reversa**:** nova área da logística empresarial. Revista Tecnologística**.** São Paulo: publicare, maio 2019. Acesso em 12 de novembro de 2020.

QUINTANA, J. e BENETTI, L. Electronic waste management: case study on a military organization of são gabriel /RS. VOL 38, N. 2 (2016).

ROCHA, Marcelo. **O potencial das trilhas Ecológicas como Instrumento de Sensibilização Ambiental: o caso do parque nacional da tijuca. DOI: 10.12957/e- mosaicos.2017.**

TUNES, Elisiane. Logística Reversa Aplicada aos Resíduos de Informática: uma investigação nas IFES de Sergipe. Ago.2014.

CAPÍTULO 14

TÉCNICA DE LIPOENXERTIA COM MATERIAL DE BOLA DE BICHAT: RELATO DE CASO

Tatiana Carneiro de Resende
Doutoranda da Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP
Docente da Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Endereço: Rua Pará s/n. Campus Umuarama Uberlândia – MG
E-mail: tatianacarneiro@ufu.br

Maria Tereza Scardua
Mestre em Disfunção Temporomandibular pela Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP
Docente e Coordenadora do Instituto de Harmonização Orofacial Tereza Scardua
Endereço: R. Enxovia, 472. Chácara Santo Antônio. São Paulo – SP
E-mail: maria@terezascardua.com.br

Ricardo Vieira Camargo
Bucomaxilo e Especialista em Harmonização orofacial
Docente do Instituto de Harmonização Orofacial Tereza Scardua
Endereço: R. Enxovia, 472. Chácara Santo Antônio. São Paulo – SP
E-mail: rvcamargo@gmail.com

João Carlos Tolentino Barbosa
Ortodontia e Especialista em Harmonização Oro Facial
Docente do Instituto de Harmonização Orofacial Tereza Scardua
Endereço: R. Enxovia, 472. Chácara Santo Antônio. São Paulo – SP
E-mail: joaocarlostolentino@hotmail.com

Denize Peruzzo Rovaris
Ortodontista e Especialista em Harmonização orofacial Docente do Instituto de Harmonização Orofacial Tereza Scardua
Endereço: R. Enxovia, 472. Chácara Santo Antônio. São Paulo – SP
E-mail: deperuzzo@gmail.com

Valeria Dal Coll
Ortodontista e Especialista em Harmonização orofacial Docente do Instituto de Harmonização Orofacial Tereza Scardua
Endereço: R. Enxovia, 472. Chácara Santo Antônio. São Paulo – SP
E-mail: valeriadalcoll@terezascardua.com.br

Karina Cuzzuol Alvez
Especialista em Harmonização orofacial
Docente do Instituto de Harmonização Orofacial Tereza Scardua
Endereço: R. Enxovia, 472, Chácara Santo Antônio. São Paulo – SP
E-mail: drakarinacuzzuol@gmail.com

Lucas Pereira Alves
Cirurgião dentista
Endereço: Rua Ministro Ferreira Alves, 586. São Paulo – SP
E-mail: lucaspeal@gmail.com

RESUMO: A bichectomia constitui na ressecção da “Bola de Bichat”, que além de minimizar os traumatismos crônicos da mucosa jugal advindos da mastigação melhora consideravelmente a harmonia facial, tornando o terço médio da face com mais contorno e simetria. O objetivo do presente trabalho é relatar o caso de um paciente com verificada e constatada necessidade de retirada de bola de Bichat para melhor funcionalidade oclusal e conformidade de harmonização facial com lipoenxertia de material da bichectomia em regiões de malar e ângulo de mandíbula. A descrição que mais interessa nesse relato de caso, inédito, é a forma da enxertia e tipo de material utilizado, ainda não descrito na literatura. O volume do lipoenxerto se estabilizou em torno do 1º mês de pós-operatório. Os autores valorizaram a uniformidade da unidade estética. O presente trabalho demonstra a efetividade da bichectomia quando há uma boa indicação e constata a alta eficiência estética da lipoenxertia autóloga com a bola de Bichat na região de ângulo de mandíbula e malar, tanto na distribuição quanto na manutenção do volume, com taxa de complicação ausente, neste caso relatado.

PALAVRAS-CHAVE: Transplante autólogo; Lipectomia; Preenchedores dérmicos; Odontólogos; Face.

ABSTRACT: Bichectomy is the resection of the “Bola de Bichat”, which in addition to minimizing chronic trauma to the cheek mucosa resulting from chewing improves facial harmony considerably, making the middle third of the face more contoured and symmetry. The aim of the present study is to report the case of a patient with a verified and verified need forremoval of a bicolor ball for better occlusal functionality and facial harmonization compliance with fat grafting of bichectomy material in malar regions and mandible angle.The most interesting description in this unpublished case report is the form of grafting and the type of material used, not yet described in the literature. The volume of the fat graft stabilized around the 1st month after surgery. The authors valued the uniformity of the aesthetic unit. The present study demonstrates the effectiveness of bichectomy when there is a good indication and notes the high aesthetic efficiency of autologous fat graftingwith the Bichat ball in the region of the mandible and malar angle, both in the distributionand in the maintenance of the volume, with an absent complication rate, in this case reported.

KEYWORDS: Autologous transplantation; Lipectomy; Dermal fillers; Dentists; Face.

1. INTRODUÇÃO

Durante o processo de envelhecimento, que se dá a partir da terceira década de vida, e trata-se de um fenômeno totalmente natural, conhecido no meio científico como “imunossenescência”, há uma mudança qualitativa cutânea, uma redistribuição (hipotrofia e hipertrofia) volumétrica dos compartimentos/aposentos gordurosos da face e remodelação contínua dos ossos craniofaciais e que normalmente abala a autoestima [1,2].

O Brasil está envelhecendo velozmente e este é um processo individualizado e natural da vida. Apesar de ser um processo esperado, é caracterizado por diversas transformações e a autoestima é um fator desencadeante para diversos fatores que norteiam o processo do envelhecimento [3].

O processo de envelhecimento pode gerar uma oscilação na autoestima e modificar a qualidade de vida dos indivíduos, devido às modificações expressivas na pele,tornando os sinais do tempo visíveis. Devido ao aumento da expectativa de vida, espera-se que o Brasil seja o sexto país com maior população idosa em 2025, devido a fatores que favorecem a longevidade [4].

A autoestima, o amor-próprio, faz com que os indivíduos almejem envelhecer sem parecerem velhos. As intervenções cosméticas e estéticas podem até não ser capazes de eliminar o envelhecimento, mas podem promover efeitos benéficos de melhoria de tônus e redução dos sinais de envelhecimento, que podem alterar o sistema neuroimunoendócrino, e promover um grande benefício psicológico [5].

Portanto torna-se cada vez mais relevante, estudos que investiguem as alterações ocasionadas pelo processo de envelhecimento, bem como formas de intervir no sofrimento que o mesmo causa. Geralmente o desejo de fazer um procedimento para alterar a aparência ou o formato do corpo está relacionado à autoestima.

A aparência, o estado da pele, tem um impacto expressivo na autoestima dos indivíduos, a alteração, a diferenciação na face decorrente do envelhecimento seja, por ações da gravidade, estresse e até mesmo por perda de volume motivado pela redução de gordura, fibras elásticas e de outros elementos do tecido conjuntivo, gera impacto na redução da elasticidade da pele, beneficiando a ptose (flacidez) tanto tissular quanto muscular [6].

A sociedade estabeleceu que o padrão de beleza estivesse associado à juventude. Nesse contexto, a busca por procedimentos estéticos invasivos e não invasivos vem se tornando frequentes em todo o mundo [7].

Além das cirurgias, que são mais invasivas, os tratamentos/procedimentos visamà redistribuição ou reposição dos volumes faciais, e os locais de aplicação são abordadas de acordo com a necessidade individual de cada paciente e devem ser avaliadas de acordo com a necessidade e sem exageros [8,9].

O Brasil alcançou o cume. Somos hoje o país com o maior número tratamentos e de cirurgias plásticas estéticas do mundo, segundo o levantamento recém divulgado pela Sociedade internacional de Cirurgia Plástica Estética (ISAPS). Em 2018, o país realizou 1.498.327 cirurgias estéticas, seguido de Estados Unidos, Alemanha, Itália, entre outras grandes nações, visando principalmente a melhora da autoestima (ISAPS) [10].

A autoestima pode ser definida como uma forma do ser humano ter auto aceitação. É responsável por determinar a percepção que uma pessoa tem de si mesma, ou seja, estabelece o quanto se gosta e está diretamente ligada a autoconfiança determinando a forma como cada indivíduo acredita ser visto e aceito pela sociedade [11].

A melhora da autoestima é um dos motivos principais que tem levado as pessoas a se submeter a tratamentos estéticos. Percebe-se ao realizá-los um aumento da sensação de bem estar, felicidade e uma avaliação positiva de si. São sensações subjetivas, o que faz com que o resultado da intervenção, seja visto até mesmo como uma reparação psicológica [12].

A Resolução CFO-198/2019, reconhece como especialidade odontológica a Harmonização Orofacial. No artigo 2º cita que: “Definir a Harmonização Orofacial como sendo um conjunto de procedimentos realizados pelo cirurgião-dentista em sua área de atuação, responsáveis pelo equilíbrio estético e funcional da face” [13].

Tratada como procedimento cirúrgico, a bichectomia ou bichatectomia [14], constitui na ressecção da “Bola de Bichat” [15], que além de minimizar os traumatismos crônicos da mucosa jugal advindos da mastigação [16] melhora admiravelmente a harmonia facial, tornando o terço médio da face mais esguio e simétrico [14].

A Odontologia trabalha áreas intensamente envolvidas com a face, por ser esta “ocartão de visitas” do ser humano [16a]. O apelo estético está diretamente relacionado com a aceitação física e emocional. Uma estética em harmonia representa uma

melhora da autoestima. A referida profissão tem ganhado espaço nas ciências da saúde por representar uma junção de conceitos e técnicas entre profissionais altamente especializados para a máximo desempenho dos resultados, trazendo realização e conforto para o paciente. Assim, a bichectomia é um procedimento que visa uma ressecção do corpo adiposo da bochecha, com o intuito estético e funcional. Estético porque proporciona uma face mais harmônica; e funcional porque visa a correção de incômodos traumáticos promovidos por uma interferência na mastigação.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é relatar o caso de um paciente com verificada e constatada necessidade de retirada de bola de Bichat para melhor funcionalidade oclusal e conformidade de harmonização facial com lipoenxertia de material da bichectomia em regiões de malar e ângulo de mandíbula.

2. ASPECTOS ÉTICOS

O Cirurgião Bucomaxilofacial, tem a pertinência de diagnosticar e tratar cirurgicamente enfermidades e suas sequelas, na região craniofacial [17,18].

Segundo a Resolução Normativa da Agência Nacional de Saúde nº 387/201521, de outubro de 2015, derrogada pela RN nº 428/201722 de novembro de 2017, a bichectomia também terá resultado estético mas não deverá ser indicada somente para tal fim [19].

Questões psicológicas e sociais envolvem o limiar delicado entre o que seja estético e/ou funcional. A bichectomia é um procedimento de caráter funcional, sendo, invariavelmente, uma anomalia congênita. Assim, o cirurgião-dentista tem competência para realizar atos de pertinência à Odontologia, região orofacial, desde que devidamente habilitado [16,20].

Todavia, a Resolução CFO-198/20192 qualifica profissionais com a especialidade de Harmonização Orofacial. Doravante a Comissão Conjunta do Conselho Federal de Odontologia e Conselho Federal de Medicina [21] dispuseram que a competência do médico é o tratamento de neoplasias malignas, o acesso pela via cervical infra-hióidea, bem como as cirurgias estéticas; excluindo-se as cirurgias estético-funcionais do aparelho mastigatório, sendo estas de exclusividade do dentista [17]. O cirurgião-dentista tem legitimidade, competência e respaldo legal para a execução da técnica cirúrgica da bichectomia [16,17].

Estudos relatam que não foram observadas contraindicações na bichectomia, apesar da carência de estudos sobre o tema. Entretanto, aconselharam que o paciente tenha mais de 18 anos, seja saudável, não fume e seja realista sobre os objetivos pretendidos [22].

Apesar de ser um procedimento cirúrgico, a bichectomia é muito segura e promove resultados rápidos e definitivos na aparência, como o afinamento do rosto. Esse tecido gorduroso é semelhante ao encontrado em outras partes do nosso corpo. No entanto, não é utilizado como fonte de energia para o emagrecimento. Em muitas pessoas, essa camada de gordura é maior do que em outras, o que pode alterar o formato do rosto, deixando-o mais redondo.

É indicada para quem está insatisfeito com o volume das bochechas ou para as pessoas que têm o hábito de morder essa parte do corpo internamente, o que gera aftas e sangramentos. Com o procedimento, a autoestima e a confiança em relação ao formato do rosto melhoram bastante.

3. CASO CLÍNICO

Paciente L.A.G.R., 38 anos de idade, sexo masculino, buscou atendimento odontológico na clínica do Instituto Tereza Scardua (que é referência em Harmonização Orofacial, localizada em São Paulo), para realização da avaliação de face referindo incômodo devido ao excesso de volume na região bucal e ocorrência de lesões intraorais causadas pela oclusão. Também referia incomodo pela ausência de definição em ângulo mandibular e de malar por achar as bochechas muito volumizadas (referia ter o “rosto redondo”), e relatou que isso piorou a partir dos 30 anos.

Após passar por anamnese detalhada e avaliação clínica dos profissionais e realmente ser verificada a indicação para a bichectomia, (também conhecida como lipectomia - que é um procedimento cirúrgico para retirada total ou parcial de gordura contida na região do rosto, com intenção de melhorar as lesões e de definir e afinar a face), o paciente foi informado detalhadamente sobre a cirurgia e sobre aos cuidados essenciais no período pós-operatório e, verificadas as expectativas em relação ao tratamento.

Depois dessa fase, foi avaliada a possibilidade da lipoenxertia utilizando a bola

de Bichat, verificando que após outros locais serem preenchidos também diminuiriam a sensação de volumização relatada insistentemente pelo paciente.

Após a anamnese o mesmo fez os exames pré-cirúrgicos: glicemia, hemograma completo e coagulograma para ver se ela estava em boas condições de saúde para passar pelo processo. Após serem avaliados de forma positiva, passamos para a etapa de marcação e realização do procedimento.

A técnica minimamente invasiva consistiu em:

a) higienização da mucosa oral (com fricção) com clorexidina, com ênfase na região da incisão;

b) incisão de aproximadamente 4 a 5 milimetros, com lâmina fria número 15, na parte interna das bochechas. A remoção da bola de Bichat aconteceu em momento único (da loja cirúrgica para um ambiente estéril - cuba metálica). O material residual que não foi retirado nesse momento único, foi desprezado.

c) O procedimento foi feito com anestesia local. O tempo variou entre 20 e 40 minutos e o paciente recebeu alta no mesmo dia.

d) Os pontos utilizados foram absorvíveis, ou seja, não foi preciso retirá-los.

e) uma vez que a bola de Bichat estava em meio estéril, a mesma foi trabalhada (cortada e em seguida homogeneizada em 2 seringas de 20 ml com transferidor estéril e descartável para que o material ficasse mais fluido, em forma de gel) (Figura 1).

f) A homogeneização foi feita por um período de aproximadamente 10 minutos.

g) Após esse procedimento, foi feita marcação no ângulo de mandíbula e região malar e feito um pertuito com agulha 18 G e utilizada a técnica de preenchimento facial onde o material foi injetado e depositado no mesmo plano que outros materiais preenchedores (Plano subdérmico). Para a deposição do material foi empregada uma cânula 18 G descartável utilizada para lipoaspiração, lipoescultura, lipoenxertia da marca TAB na região receptora pré definida (no caso do estudo: ângulo de mandíbula e região malar dopaciente) (Figura 2). Neste relato de caso observamos o resultado imediato, após 30 dias e 6 meses após realização da lipoenxertia facial (Figura 3).

Pela característica histológica da Bola de Bichat (rica em fibroblastos,) observou-se a possibilidade da mesma ser utilizada como material preenchedor em face: prática comumente usada com gordura corporal em cirurgias plásticas, ortognáticas e traumas. Nesse caso, a lipoenxertia autóloga da bola de Bichat foi realizada em região malar e ângulo de mandíbula o que não impede de também ser

aplicada no mento, em região piriforme e em pré-maxila.

No começo do período pós-operatório, é comum o aparecimento de inchaços e pequenos roxos, mas ao longo dos dias esse problema diminui. Em no máximo uma semana, a pessoa pode retomar todas as suas atividades. Não é preciso se afastar do trabalho. No caso do nosso paciente, não foram verificadas essas intercorrências no pós-operatório.

Assim como o procedimento, a recuperação também foi bem rápida. No primeiro dia após a cirurgia, o paciente limitou a dieta ao consumo de líquidos frios. No segundo dia, somente uma alimentação pastosa, devido a bichectomia.

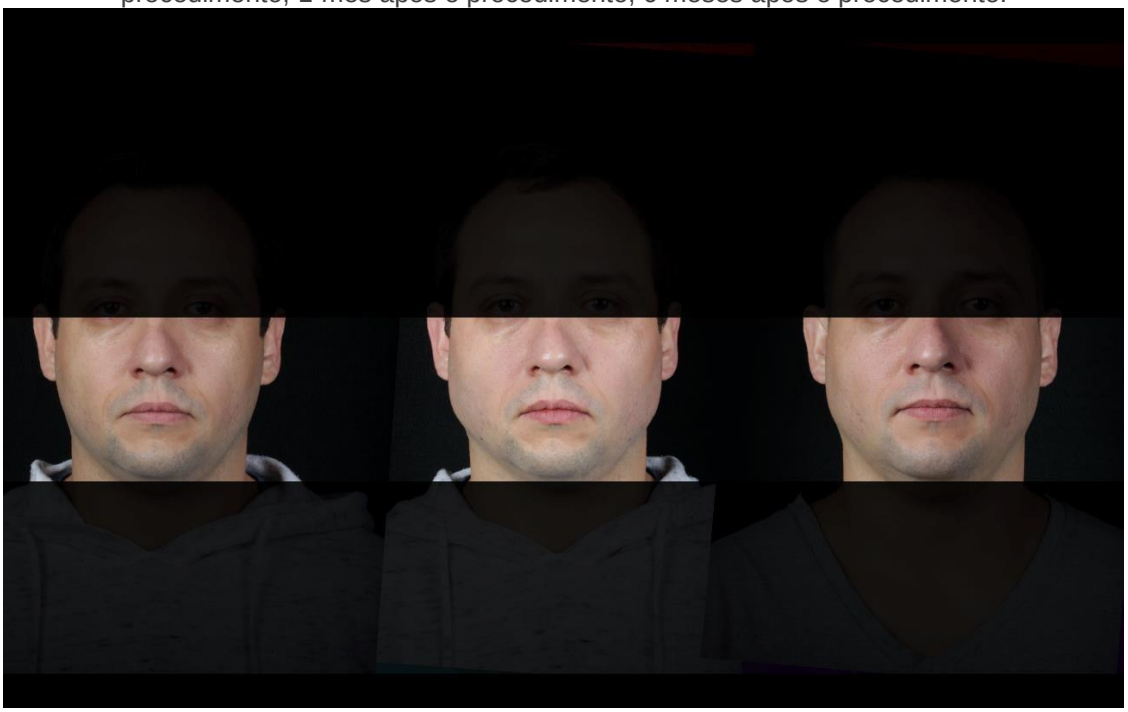
Figura 1 – homogeneização da bola de Bichat em 2 seringas de 20 ml com transferidor estéril e descartávelpara deixar o material mais fluido.

Fonte: Os autores.

Figura 2 – Marcação para o preenchimento de ângulo de mandíbula e região malar do paciente

Fonte: Os autores.

Figura 3 – Fotografia do paciente em três momentos. Da esquerda para a direita: antes do procedimento; 1 mês após o procedimento; 6 meses após o procedimento.



Fonte: Os autores.

4. DISCUSSÃO

Neste trabalho, o volume injetado e a manutenção desse volume não foram milimetricamente mensurados. Visualmente observamos a melhora no formato medido pelo Beaut Setup (que é a interpretação e planejamento da uniformidade de medidas teoricamente ideais fundamentadas para a harmonização facial).

De fato, a descrição que mais interessa nesse relato de caso, inédito, é a forma da enxertia e tipo de material utilizado, ainda não descrito na literatura. O volume do lipoenxerto se estabilizou em torno do 1º mês de pós-operatório. Os autores valorizaram a uniformidade da unidade estética. Não foram realizadas outras análises comparativas de resultados considerando gênero, idade ou índice da massa corporal em decorrência da inexistência de estudos na área. Contudo, o resultado estético foi uniforme e não houve qualquer complicação descrita pelo paciente ou verificada pelos profissionais envolvidos. As técnicas de lipoenxertia estão cada vez mais apuradas e, atualmente, com a melhor compreensão da atuação das células mesenquimais, que são abundantes no tecidogorduroso, têm sido mais empregadas. É válido ressaltar que é um procedimento ainda pouco previsível atinente a manutenção do volume primeiramente injetado, podendo ser imperativa mais de uma sessão de enxertia. Inclusive, outros materiais preenchedores poderão ser utilizados posteriormente [23,24].

A lipoenxertia possui muitas vantagens e, dentre elas a: ausência de formação de granuloma de corpo estranho ou de biofilme [25]; a possibilidade de injeção em todas as camadas; a abundância de material, podendo ser injetados volumes maiores, com melhor distribuição; e melhor integração tecidual, com resultados mais naturais e completos. Recentemente, pesquisas vêm sendo realizadas visando avaliar a capacidade de a lipoenxertia regenerar ou rejuvenescer a pele [26].

A injeção do lipoaspirado é relativamente difícil, requerendo cânula mais calibrosa, a consistência do produto não é uniforme (por isso a necessidade de homogeneização), dependendo da concentração do lipoaspirado e da presença de glóbulos maiores de gordura, além de não ser um procedimento totalmente isento de complicações [27]. Entretanto, quando realizada por profissionais qualificados, torna-se um procedimento mais seguro, podendo substituir ou complementar um procedimento maior.

O preenchimento com volume extra é uma solução simples e eficaz, podendo

serrealizado com materiais aloplásticos ou com autotransplante de lipoaspirado [28] nos sulcos periorbitários e zigomático profundos. O volume do terço médio da face são características constitucionais pessoais, acentuadas com o processo de envelhecimento, que inclui remodelação óssea, adelgaçamento cutâneo e atrofia dos compartimentos de gordura. Essa falta de volume não é facilmente ou eficazmente corrigida em blefaroplastias ou ritidoplastias, por exemplo [29]. O que nos deu ainda mais a certeza de que a lipoenxertia para o paciente seria um processo passível de um bom resultado por se tratar de material autólogo e, uma opção a pacientes alérgicos a algum tipo de biopreenchedores.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstra a efetividade da bichectomia quando há uma boa indicação e constata a alta eficiência estética da lipoenxertia autóloga com a bola de Bichat na região de ângulo de mandíbula e malar, tanto na distribuição quanto na manutenção do volume, com taxa de complicação ausente.

A reposição de volume nessa região pode até substituir alguma cirurgia menor de correção e volumização com outros materiais biopreenchedores.

O lipoenxerto é autógeno, não ocasionando problemas associados aos materiais aloplásticos, e as complicações podem ser facilmente minimizadas ou evitadas com o aprendizado.

Apesar da habilitação legal do cirurgião-dentista clínico, é fundamental que a bichectomia seja realizada com indicação, diagnóstico e planejamento.

REFERÊNCIAS

1. Donofrio LM. Fat distribution: a morphologic study of the aging face. Dermatol Surg.2000;26(12):12:1107-12.

2. Mendelson BC, Hartley W, Scott M, McNab A, Granzow JW. Age-related changes of the orbit and midcheek and the implications for facial rejuvenation. Aesthetic Plast Surg.2007;31(5):419-23.

3. Pariol, C., Bovolini, T., Sardinha, L., & Lemos, V. (2019, junho 4). A INFLUÊNCIA DA AUTOESTIMA NO PROCESSO DO ENVELHECIMENTO. *Diálogos Interdisciplinares*, *8*(1), 45-52.

4. Fin, T.C, Dissertação de Mestrado em Envelhecimento Humano. Universidade de PassoFundo.TEDE – Sistema de Publicação eletrônica de Teses e Dissertações, 2014.

5. Arking, R. (2008). Biologia do Envelhecimento: observações e princípios (2o ed; A. M. D. Francisco, Org.). Ribeirão Preto: FUNPEC.

6. DAVIDOVIC, M., *et al.* Old age as a privilege of the “selfish ones” - Aging and Disease.1, 2010. p. 139-146.

7. CORDEIRO, Ruane Pereira *et al.* Velha é a vovozinha: uma análise interpretativa do consumo e estigma associado à identidade de idade de mulheres após 65 anos. Revista ADM. MADE, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, jan. / abr, 2017. p. 1-16.

8. Trepsat F. Periorbital rejuvenation combining fat grafting and blepharoplasties. Aesthetic Plast Surg. 2003;27(4):243-53.

9. Trepsat F. Midface reshaping with micro-fat grafting. Ann Chir Plast Esthet. 2009;54(5):435-43.

10. ISAPS. Mais recente estudo internacional demonstra crescimento mundial em cirurgia estética. A Sociedade Internacional de Cirurgia Plástica Estética [boletim informativo], 2020. Disponível em: Acesso em: 10 de novembro de 2020.

11. Barbosa, Wolff, & Gois, 2016. INFLUÊNCIA DA ESTÉTICA NA AUTOESTIMAE BEM ESTAR DO SER HUMANO. https://tcconline.utp.br/media/tcc/2017/05/INFLUENCIA-DA-ESTETICA-NA-AUTOESTIMA-E-BEM-ESTAR-DO-SER-HUMANO.pdf. Acesso em novembro de 2020.

12. Caponi, S. N.C., Poli, P.N. A medicalização da beleza. *Interface (Botucatu)* [online].2007, vol.11, n.23, pp.569-584. ISSN 1807-5762. http://dx.doi.org/10.1590/S1414-32832007000300012.

13. Conselho Federal Odontologia. Resolução 198/2019: reconhece a harmonização orofacial como especialidade odontológica, e dá outras providências. Brasília:

Conselho Federal de Odontologia; 2019.

14. Stevao ELL. Bichectomy or bichatectomy: a small and simple intraoral surgical procedure with great facial results. Adv Dent & Oral Health 2015;1(1):15-8.

15. Moreira Junior R, Peralta FS, Moreira R, Gonticho G, Máximo PM, Scherma AP. Bichectomia: aspectos relevantes e relato de caso clínico. ClipeOdonto. 2018;9(1):37-43.

16. Almeida AV, Alvary PHG. A bichectomia como procedimento cirúrgico estético-funcional: um estudo crítico. J Business Techn. 2018;7(1):3-14. 16ª. Silva, S.G.N. *et all.* Brazilian Journal Of Development. Propaganda e Publicidade Irregular em Odontologia na Região Nordeste do Brasil. Curitiba, v.6, n. 11, pág 92357 92373, nov.2020.

17. Sangalette BS, Toledo G, Toledo FL, Vieira LV, Magro MG. Bichectomia: uma visãocrítica: 17º Congresso de iniciação científica. São Paulo: SEMESP.

18. Conselho Federal Odontologia. Resolução nº 63 de 08/04/2005, consolidação das normas para procedimentos nos Conselhos de Odontologia. Brasília: Diário Oficial da União; 2005.

19. Conselho Regional Odontologia São Paulo. Código de Ética de Odontologia. São Paulo: Conselho Regional de Odontologia São Paulo; 2012.

20. Brasil. Lei n. 5.081, de 24 de agosto de 1966, regula o Exercício da Odontologia. Brasília: Diário Oficial; 1966.

21. Brasil. Conselho Federal Odontologia. Reunião Comissão Conjunta do Conselho Federal Odontologia (CFO). Brasília: Conselho Federal de Medicina; 2008.

22. Silva RMAF, Silva Filho JP. Avaliação dos contornos faciais após remoção da bola de bichat. Rev FAIPE. 2018;7(2):73-8.

23. Lu F, Li J, Gao J, Ogawa R, Ou C, Yang B, et al. Improvement of the survival of human autologous fat transplantation by using VEGF-transfected adipose-derived stem cells. Plast Reconstr Surg. 2009;124(5):1437-46.

24. Swanson E. Malar augmentation assessed by magnetic resonance imaging in patients after face lift and fat injection. Plast Reconstr Surg. 2011;127(5):2057-65.

25. Mojallal A, Lequeux C, Shipkov C, Breton P, Foyatier JL, Brayer F, *et al.* Improvement of skin quality after fat grafting: clinical observation and an animal study. Plast Reconstr Surg. 2009;124(3):765-74.

26. Rohrich RJ, Monheit G, Nguyen AT, Brown SA, Fagien S. Soft-tissue filler complications: the important role of biofilms. Plast Reconstr Surg. 2010;125(4):1250-6. 27

27. Lazzeri D, Agostini T, Figus M, Nardi M, Pantaloni M, Lazzeri S. Blindness following cosmetic injections of the face. Plast Reconstr Surg. 2012;129(4):995-1012.

28. Trepsat F. Periorbital rejuvenation combining fat grafting and blepharoplasties. Aesthetic Plast Surg. 2003;27(4):243-53.

29. Trepsat F. Midface reshaping with micro-fat grafting. Ann Chir Plast Esthet. 2009;54(5):435-43.

CAPÍTULO 15

ACÚMULO MENSAL DE FORRAGEM EM PASTAGEM DE TIFTON 85 NO OESTE CATARINENSE

Antonio Waldimir Leopoldino da Silva
Mestre em Zootecnia, Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Instituição: Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Campus Oeste
Endereço: R. Beloni Trombeta Zanin, nº 680-E, Bairro Santo Antônio Chapecó/SC, Brasil
E-mail: antonio.silva@udesc.br

Larissa Lopes Paz
Acadêmica do Curso de Zootecnia, bolsista de iniciação científica UDESC
Instituição: Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Campus Oeste
Endereço: R. Beloni Trombeta Zanin, nº 680-E, Bairro Santo Antônio Chapecó/SC, Brasil
E-mail: larissa_1110@hotmail.com

Amanda Regina Cagliari
Acadêmica do Curso de Zootecnia, bolsista de iniciação científica UDESC
Instituição: Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Campus Oeste
Endereço: R. Beloni Trombeta Zanin, nº 680-E, Bairro Santo Antônio Chapecó/SC, Brasil
E-mail: cagliariamanda@gmail.com

Hector Perão Bortese
Estudante do Curso Técnico em Agropecuária concomitante ao ensino médio
Instituição: Centro de Educação Profissional (CEDUP) Campo Erê
Endereço: Fazenda Primavera, Rodovia SC 160, km 7 Campo Erê – SC, Brasil
E-mail: hperaobortese@gmail.com

Natan Juner Begnini
Estudante do Curso Técnico em Agropecuária concomitante ao ensino médio
Instituição: Centro de Educação Profissional (CEDUP) Campo Erê
Endereço: Fazenda Primavera, Rodovia SC 160, km 7 Campo Erê – SC, Brasil
E-mail: az985026611@gmail.com

Halan Martins
Especialista em Pecuária Leiteira pela Hórus Faculdades, de Pinhalzinho, SC
Instituição: Centro de Educação Profissional (CEDUP) Campo Erê
Endereço: Fazenda Primavera, Rodovia SC 160, km 7 Campo Erê – SC, Brasil
E-mail: halan.tecnomaquinas@gmail.com

Rodrigo Guilherme Backes
Mestre em Ciência Animal pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC
Instituição: Centro de Educação Profissional (CEDUP) Campo Erê
Endereço: Fazenda Primavera, Rodovia SC 160, km 7Campo Erê – SC, Brasil
E-mail: rgbackes@gmail.com

RESUMO: Este trabalho visou medir a taxa de acúmulo mensal de forragem em pastagem de Tifton 85 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis* cv. Tifton 68), bem como comparar o emprego de dois métodos de amostragem para este fim. O experimento foi conduzido em uma área de 0,96 ha, localizada no Município de Campo Erê, Estado de Santa Catarina, utilizada na alimentação de vacas em lactação mediante pastoreio rotativo. Foi empregado um delineamento completamente casualizado, com quatro repetições, cada uma contendo três estações de coleta, totalizando doze pontos de coleta. As amostragens da pastagem para determinação do acúmulo mensal de forragem (AF) ocorreram no último dia de cada mês, por meio dos métodos "não emparelhamento" (NE) e "triplo emparelhamento" (TE). A produção anual de matéria seca avaliada pelo método NE alcançou 25,4 t/ha, com 71 % desse total concentrado em cinco meses: janeiro a março, novembro e dezembro. O AF diário variou de 16,94 (agosto) a 175,84 kg/ha (janeiro), indicando forte estacionalidade na produção forrageira. Os valores de AF estimados pelos métodos NE e TE foram estatisticamente semelhantes em três estações do ano, mas houve divergência no resultado relativo aos meses de outubro a dezembro (primavera), mostrando que estes métodos não são equivalentes. A pesquisa será estendida por mais dois anos, a fim de reduzir o possível efeito errático causado pelas condições climáticas específicas de um determinado ano.

PALAVRAS-CHAVE: Amostragem; Curva de crescimento; *Cynodon;* Gaiola de exclusão; Produção de forragem.

ABSTRACT: This work aimed to measure the rate of monthly forage accumulation in a Tifton 85 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis* cv. Tifton 68) pasture as well as to compare the use of two sampling methods for this purpose. The experiment was carried out in a pasture of 0,96 ha, located in the municipality of Campo Erê, Santa Catarina State, Brazil, which is used to feed lactating cows through rotational grazing. A completely randomized design was used, with four replications, each having three collection stations, totalling twelve collection points. Pasture sampling to determine the monthly forage accumulation (FA) occurred on the last day of each month, using the "no pairing" (NP) and the "triple pairing" (TP) methods. The anual production of dry matter evaluated by the NP method reached 25.4 t/ha, with 71 % of this total concentrated in five months: January to March, November and December. The daily FA ranged from 16.94 (August) to 175.84 kg/ha (January), indicating a strong seasonality in forage production. The FA values estimated by the NP and TP methods were statistically similar in three seasons, but there was a divergence in the result for the months of October to December (Spring), showing that this methods are not equivalent. The research will be extended for another two years, in order to reduce the possible erratic effect caused by the specific climatic conditions of a given year.

KEYWORDS: Sampling; Growth curve; *Cynodon;* Exclusion cage; Forage production.

1. INTRODUÇÃO

Entre os desafios a serem enfrentados na gestão dos sistemas pastoris estão o limitado controle da produtividade e dos estoques de forragem e a baixa capacidade de previsão da disponibilidade alimentar (BARIONI *et al.*, 2003). A falta de dados sobre a capacidade de produção de forragem e sobre a distribuição desta produção durante o ano tornam-se grandes limitantes para um adequado planejamento da atividade pastoril, que permita a sustentabilidade do negócio agropecuário (PEDREIRA *et al.*, 2005).

Neste contexto, a quantidade de massa de forragem disponível (MF) na pastagem constitui uma importante variável a ser mensurada em trabalhos de pesquisa, manejo forrageiro e na condução da atividade pecuária (PEDREIRA, 2002; PEDREIRA *et al.*, 2005; CARVALHO *et al.*, 2008). Embora seja uma medida pontual e instantânea, que fornece a condição agrostológica em um momento específico, a MF possibilita dimensionar respostas que envolvem variação no tempo (PEDREIRA, 2002), e, assim, avaliar o comportamento da pastagem frente a fatores climáticos, antrópicos e outros. A mensuração da MF permite operacionalizar a tomada de decisão quanto à sua utilização, estimando a capacidade de suporte e orientando a orçamentação forrageira, o planejamento da oferta alimentar e a adoção de práticas de manejo como o ajuste de lotação (SALMAN *et al.,* 2006; BARIONI *et al.*, 2011).

Das variáveis que podem ser estimadas a partir da verificação da disponibilidade instantânea de MF, o acúmulo de forragem (AF) é uma das mais relevantes. O AF pode ser definido como o aumento da MF de uma área de pastagem durante um determinado período, ou seja, a “produção” de forragem em um intervalo de tempo conhecido (PEDREIRA *et al.,* 2005). Na prática, o AF é o resultado líquido de dois processos concomitantes e antagônicos: de um lado, o crescimento vegetal e, de outro, a senescência e morte dos tecidos (PINTO *et al.,* 2001). Assim, o AF é um processo dinâmico, e, por ser estimado a partir da MF, a determinação desta constitui a base de todo o sistema pastoril, sendo a chave para a compreensão de outros elementos, como o consumo pelo animal e a extração de nutrientes (PEDREIRA *et al.,* 2005).

Embora o AF assuma inegável importância para o correto gerenciamento da alimentação a pasto, a maior limitação para a prática da orçamentação forrageira é a quase completa ausência de informações quanto à curva de crescimento das

principais espéciesao longo do ano, em sistemas reais de produção pecuária e sob condições ambientais características de cada região (BARIONI *et al.*, 2003; 2011). Especialistas ouvidos pela Rede de Inovação e Prospecção Tecnológica para o Agronegócio – Núcleo Regional Sul (RIPA-Sul) apontam que uma das demandas prioritárias da cadeia de produção do leite em Santa Catarina é a "regionalização de informações sobre adaptação, desempenho, curvas de produção e valor nutritivo de espécies forrageiras para bovinos e ovinos leiteiros" (RIPA, 2008, p.67). Ainda que esta necessidade tenha sido indicada há mais dedez anos, aparentemente pouco se fez para sanar esta deficiência, haja vista a quase total inexistência de publicações que tragam tais informações, ao menos no âmbito do Oeste Catarinense.

A estimativa do suprimento de forragem e a curva de produção de uma forrageira pode ser efetivada com base em experimentos de medição da produtividade ao longo do ano e/ou por meio de dados locais que monitorem a disponibilidade de massa de forragem em uma dada condição (BARIONI *et al.,* 2003). O presente trabalho enquadra-se simultaneamente nas duas vertentes.

A mensuração da MF é procedida através do emprego de métodos diretos ou indiretos (destrutivos e não destrutivos, respectivamente), distinguindo-se entre si pelo fato de os primeiros envolverem o corte da forragem (AGUIAR, s.d.; PEDREIRA, 2002; BARIONI *et al.*, 2003; PEDREIRA *et al.*, 2005; SALMAN *et al.,* 2006; ZANINE *et al.*, 2006; CARVALHO *et al.,* 2008; ARRUDA *et al.,* 2011; SILVEIRA FILHO, 2011; MACIEL *et al.,* 2014; SILVA *et al.,* 2016). A avaliação direta é a mais empregada (PEDREIRA, 2002) e aquela que assegura maior precisão aos resultados (AGUIAR, s.d.; ZANINE *et al.,* 2006; MACIEL *et al.,* 2014). Todavia, também apresenta limitações, como demandar mais tempo e mão de obra para coleta e manipulação das amostras, resultando em maior custo (SALMAN *et al.*, 2006; ZANINE *et al.,* 2006; ARRUDA *et al.,* 2011; MACIEL *et al.,* 2014).

Os métodos de avaliação da MF, sejam diretos ou indiretos, ao realizarem a medição da disponibilidade instantânea, são o caminho para a determinação do AF. Em áreas não pastejadas, o AF ocorrido em um certo período pode ser estimado através de duas amostragens de MF, por simples diferença entre o valor verificado na amostragem seguinte em relação à anterior.

Nas áreas sob pastejo, porém, o AF pode ser estabelecido mediante o uso de gaiolas de exclusão (AGUIAR, s.d.; PEDREIRA, 2002; BARIONI *et al.,* 2003; PEDREIRA *et al.,* 2005; ZANINE *et al.,* 2006; CARVALHO *et al.,* 2008; SILVEIRA

FILHO, 2011; MACIEL *et al.*, 2014; SILVA *et al.,* 2016). Há vários métodos que envolvem o uso de gaiolas de exclusão. O mais simples é a amostragem através do método “não emparelhamento” (MNE). Ela consiste em “cortar a área coberta pela gaiola, descartar a forragem cortada, colocar a gaiola, permitir o crescimento da pastagem e cortar novamente para determinar a produção no final do período de pastejo ou de um determinado espaço de tempo” (AGUIAR, s.d., p.2). Outra técnica envolve um procedimento de “emparelhamento simples”, ou seja, um pareamento entre pontos de amostragem (BARIONI *et al.*, 2003). Escolhe-se dois pontos (A e B), representativos da pastagem e semelhantes entre si em termos de quantidade de forragem presente; corta-seum deles (ponto A), pesando a forragem colhida, e coloca-se a gaiola de exclusão no outro ponto (B), mantendo a vegetação intacta. Transcorrido o período de avaliação, corta-se a forragem que está sob a gaiola (ponto B), e pesa-se o material. O AF é dado pela diferençaentre a MF do ponto B em relação à colhida anteriormente no ponto A.

Gardner (1986, p.115) compara estes dois métodos:

> Uma estimativa melhorada, mas não perfeita do crescimento, pode ser obtida pelo uso de gaiolas colocadas na pastagem, as quais protegem o pasto do pastejo animal. Dos vários métodos existentes de uso de gaiolas, o mais simples é cortar a área a ser coberta pela gaiola, descartar a forragem cortada,colocar a gaiola, permitir o crescimento da pastagem e cortar novamente, para determinar a produção no final do período de pastejo ou a um intervalo predeterminado.
> Um segundo método requer duas áreas idênticas, uma das quais terá a forragem cortada e pesada, enquanto a gaiola é colocada sobre a outra. Quando a forragem dentro da gaiola é cortada, o crescimento é estimado pela diferença entre as produções das duas áreas. Nenhuma destas técnicas dará uma estimativa exata do crescimento da pastagem sob pastejo. O segundo método tem a desvantagem de possuir duas fontes de erro: uma associada ao corte sema gaiola, e a outra, ao corte da área dentro da gaiola.

Moraes *et al.* (1990) desenvolveram um terceiro método para avaliação do AF com gaiolas de exclusão, a que chamaram “triplo emparelhamento” (MTE). Neste, alémdos dois pontos referidos no método anterior, aloca-se um terceiro ponto da pastagem, semelhante aos demais. Este terceiro ponto será a referência para a próxima amostragem, quando então constituirá o ponto A, buscando-se, então, outros dois pontos que lhe seja mequivalentes. Neste caso, o AF é calculado pela diferença entre a MF observada dentro da gaiola (ponto B) em uma amostragem, em relação à forragem quantificada no ponto A(fora da gaiola) na amostragem imediatamente

anterior, representando o que cresceu sob a gaiola no período em questão (PEDREIRA, 2002; PEDREIRA *et al.,* 2005; ZANINE *et al.*, 2006).

A avaliação do AF é válida e necessária em qualquer pastagem empregada na alimentação animal, mas ganha destaque quando se trata de forrageiras de grande adoçãono meio produtivo. O Tifton 85 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis* cv. Tifton 68) é uma gramínea perene de verão de alto valor nutricional e largamente utilizada no Oeste Catarinense, tendo sido o material mais mencionado por extensionistas rurais quando questionados sobre as espécies utilizadas na região (JOCHIMS *et al.*, 2017). Face a esta grande adoção regional, o dimensionamento de sua capacidade produtiva pode colaborarno alcance de melhores resultados em um considerável número de propriedades.

Neste contexto, o trabalho visou (i) medir a taxa de acúmulo mensal de forragem em pastagem de Tifton 85, projetando a curva de produção da espécie ao longo do ano; e (ii) comparar o emprego dos métodos de amostragem "não emparelhamento" e "triplo emparelhamento" para a medição indicada no item (i).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Local, caracterização e manejo da área experimental

A etapa de campo foi conduzida durante o ano de 2019 na Fazenda Primavera, dependências do Centro de Educação Profissional (CEDUP) Campo Erê, situado à Rodovia SC 160, km 7, Município de Campo Erê, Mesorregião Oeste Catarinense. A área está localizada nas coordenadas 26º26'49" de latitude sul e 53º04'33" de longitude oeste, a uma altitude média de 884 m a.n.m.

A área experimental consistiu de uma pastagem de Tifton 85 de sete anos, com 94m por 102 m (0,9588 ha), empregada na alimentação de vacas leiteiras em lactação mediante método rotativo de pastoreio. A análise de solo realizada em outubro de 2018 apresentou o seguinte resultado para a camada 0 (zero) a 10 cm: teor de argila= 44 %; pH em água= 5,8; índice SMP= 6,0; fósforo= 5,4 mg/dm^3; potássio= 348,0 mg/dm^3; matéria orgânica= 4,9%; alumínio= 0 cmol$_c$/dm^3; cálcio= 10,3 cmol$_c$/dm^3; magnésio= 4,1 cmol$_c$/dm^3; hidrogênio mais alumínio= 4,36 cmol$_c$/dm^3; capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0= 19,64 cmol$_c$/dm^3; saturação de bases na CTC a pH 7,0= 77,78 %. A área recebeu adubação com 180 kg de fosfato monoamônico (MAP)

e 200 kg de cloreto de potássio (cerca de 17 kg N, 90 kg P_2O_5 e 125 kg K_2O/ha).

Desenho experimental e tratamentos

O experimento foi desenvolvido mediante um delineamento completamente casualizado, com quatro repetições. Cada repetição envolveu três “estações de coleta” (ECs), escolhidas aleatoriamente a cada amostragem. Cada EC foi constituída por três pontos (A, B e C), como preconiza o MTE, segundo descrição de Vidart *et al.* (2010), aqui modificada para contemplar, simultaneamente, a análise do MNE.

O trabalho foi dividido em duas frentes de análise. A primeira consistiu na avaliação da taxa de acúmulo mensal de matéria seca (MS) da pastagem de Tifton 85 ao longo do ano (o que resultou na elaboração da curva de crescimento – ou produção – da pastagem), empregando a técnica do “não emparelhamento” e tendo os meses como tratamentos. A segunda avaliação foi a comparação entre diferentes métodos de estimativa do acúmulo de forragem, contrastando os tratamentos MNE e MTE por trimestre, de acordo com as estações do ano.

Protocolo de amostragens e coletas

As amostragens e coletas da forragem disponível foram realizadas no último dia de cada mês do ano de 2019, utilizando-se, como unidade amostral, um quadrado de 0,5m de lado (0,25 m^2). Na área correspondente a uma dada repetição, escolheu-se três ECs ao acaso, posicionando-as em locais que fossem representativos da área total, quer em disponibilidade de forragem, quer em composição botânica. Portanto, a coleta mensal envolveu a amostragem em 12 pontos (três ECs em cada uma das quatro repetições).

Em cada EC, escolheu-se três pontos, descritos como A, B e C, similares e equivalentes entre si. No ponto A, a forragem demarcada pelo quadrado foi cortada ao nível do solo e colhida, sendo posteriormente pesada. Neste ponto, alocou-se uma gaiola de exclusão. No ponto B, a forragem não foi cortada, mas também recebeu uma gaiola de exclusão. O ponto C, por sua vez, foi apenas marcado e sinalizado, no intuito de ser encontrado com facilidade na coleta do mês seguinte, sem qualquer alteração na vegetação, tampouco colocação de gaiola de exclusão.

No mês seguinte, retornou-se a cada uma das ECs e colheu-se a forragem que

se encontrava sob as gaiolas, tanto no ponto A, quanto no ponto B. O ponto C da amostragem anterior passou a ser o ponto A da amostragem em questão. A seguir, buscou-se dois outros pontos semelhantes ao agora ponto A, em termos de disponibilidade de forragem e composição botânica, designando-os como ponto B e ponto C. Então, repetiu-se o procedimento antes descrito para cada ponto, tanto em relação ao corte da vegetação, quanto à alocação de gaiola de exclusão. Portanto, cada EC contava simultaneamente com duas gaiolas de exclusão, uma no ponto A, para avaliação do AF mensal pelo MNE, e outra no ponto B, correspondente ao MTE.

As amostras de forragem foram acondicionadas em sacos plásticos e imediatamente pesadas para determinação da produção de matéria verde. A seguir, foram secadas em estufa a 55^{o}C até peso constante, para verificação do teor de matéria seca a esta temperatura.

Parâmetros coletados, calculados e avaliados

A disponibilidade instantânea de forragem foi determinada de duas formas: (a) através da quantidade de massa colhida no ponto “A” de uma dada EC, integrante de uma dada repetição “r”, em um dado mês “m”, antes da colocação da gaiola de exclusão neste ponto; e (b) através da quantidade de massa colhida no ponto “B” de uma dada EC, integrante de uma dada repetição “r”, em um dado mês “m”, quando da retirada da gaiola de exclusão deste ponto, refletindo a estimativa de disponibilidade no mês anterior mais o acúmulo de forragem havido no período. A disponibilidade instantânea de forragem nãofoi, propriamente, uma variável de análise, tendo a função apenas de permitir o cálculo do AF mensal.

O AF mensal foi avaliado por meio das metodologias próprias do MNE e do MTE. No MNE, o AF foi estimado pela disponibilidade instantânea de forragem colhida no ponto A de uma dada EC no mês “m”, quando da retirada da gaiola de exclusão (colocada no mês “m-1”, ou seja, no mês anterior ao mês “m”), o que representa o crescimento de forragem no intervalo de tempo entre as coletas dos meses “m-1” e “m”, ou seja, o que cresceu no mês “m”. Já no MTE, o AF mensal consistiu da diferença entre a disponibilidade instantânea de forragem colhida no ponto B de uma dada EC no mês “m”e a massa de forragem colhida no ponto A desta mesma EC no mês “m-1”. Alguns dados calculados pelo MTE mostraram-se incongruentes, notadamente no que se refere ao AF dos meses de abril e julho. Por esta razão, optou-

se por realizar a comparação dos métodospor trimestre, em aderência às estações do ano.

Nos dois métodos, o AF mensal em uma dada repetição “r”, em um dado mês “m”, foi a média aritmética entre o acúmulo mensal de forragem observado nas três ECs que constituem a repetição “r”. O AF diário foi calculado dividindo-se o AF mensal pelo número de dias do respectivo mês.

Análise estatística

Os dados referentes à taxa de AF diária, segundo o mês, foram submetidos à análise de variância, com médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

No que se refere ao efeito do método de amostragem, os valores de AF diária foram contrastados, por trimestre, através do Teste t de Student, ao nível de 5 % de significância. Neste caso, trabalhou-se com número desigual de repetições, uma vez que alguns dados relativos ao MTE foram descartados devido à sua inconsistência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção mensal e o acúmulo diário de MS em Tifton 85, de acordo com o mês, são apresentados na Tabela 1 e Figura 1. A produção anual alcançou 25,4 t/ha, valor próximo ao observado por Gomes *et al.* (2015), em Xambrê, PR, e superior ao de Alvim *et al.* (1999), em Coronel Pacheco, MG, e Soares Filho *et al.* (2002), em Piacatu, SP. Como esperado para uma forrageira tropical, a produção de forragem concentrou-se no período estival e os cinco meses de maior produtividade responderam por 71 % do total anual.

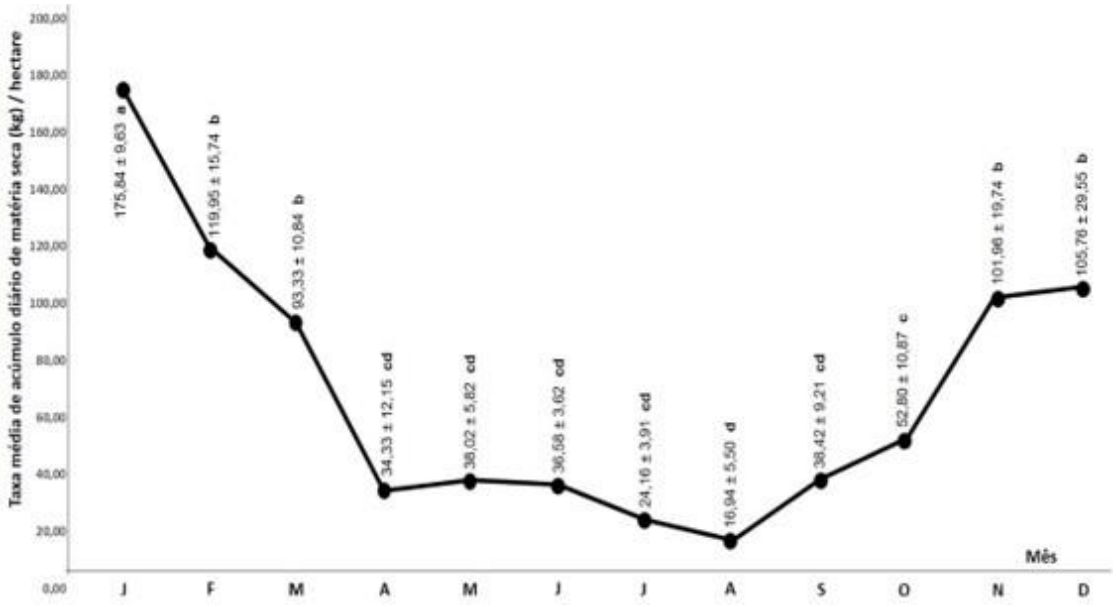
Tabela 1 – Produção mensal e acúmulo diário de matéria seca (kg/ha) em pastagem de Tifton 85, de acordo com o mês do ano de 2019, segundo determinação efetivada pelo método "não emparelhamento". Município de Campo Erê, Mesorregião Oeste Catarinense, SC.

Mês	Produção mensal de matéria seca (kg/ha)	Acúmulo diário de matéria seca (kg/ha)	
Janeiro	5.451	175,84 ± 9,63	**a**
Fevereiro	3.359	119,95 ± 15,74	**b**
Março	2.893	93,33 ± 10,84	**b**
Abril	1.030	34,33 ± 12,15	**cd**
Maio	1.178	38,02 ± 5,82	**cd**
Junho	1.097	36,58 ± 3,62	**cd**
Julho	749	24,16 ± 3,91	**cd**
Agosto	525	16,94 ± 5,50	**d**
Setembro	1.153	38,42 ± 9,21	**cd**
Outubro	1.637	52,80 ± 10,87	**c**
Novembro	3.059	101,96 ± 19,74	**b**
Dezembro	3.279	105,76 ± 29,55	**b**
Total/Média	*25.410*	*69,84 ± 48,77*	

Médias seguidas de letras desiguais diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 %.

O mês de janeiro registrou o máximo AF diário, diferindo significativamente (P<0,05) do valor verificado nos meses de fevereiro, março, novembro e dezembro, e as produções diárias destes meses superaram as assinaladas em quaisquer dos meses restantes (P<0,05). Entre os AF mínimo (agosto) e máximo (janeiro), houve uma variação da ordem de dez vezes. As produções dos três primeiros meses do ano superaram amplamente as obtidas por Carvalho *et al.* (2000), em Piracicaba, SP, em uma altura de corte de 5 cm, e por Fagundes *et al.* (2012) e Moreira *et al.* (2015), ambos em Adamantina, SP. Da mesma forma, os resultados dos meses de setembro e novembro foram maiores do que os de Carvalho *et al.* (2000) e Fagundes *et al.* (2001), ambos em Piracicaba, SP, mas, por outro lado, nos meses de agosto e outubro estes autores registraram taxas de AFsuperiores às aqui apresentadas. Já a produção do mês de dezembro foi similar à descrita nestes trabalhos.

Figura 1 – Taxa média de acúmulo diário de matéria seca (kg/ha) em pastagem de Tifton 85, de acordo como mês do ano de 2019, segundo determinação efetivada pelo método “não emparelhamento”. Município de Campo Erê, Mesorregião Oeste Catarinense, SC.



Fonte: Os Autores.

Supondo que a pastagem seja utilizada mediante uma oferta de forragem da ordem de 6 % (6 kg de MS por dia para cada 100 kg de peso vivo animal), considerada adequada para Tifton 85 (AGUIAR *et al.*, 2004; SAUTER, 2019), no mês de agosto poder-se-ia ocupar a pastagem com uma carga animal contínua de apenas 282 kg de PV/ha, ao passo que, em janeiro, a pastagem poderia comportar nada menos do que 2.930 kg de PV/ha, ao longo do mês.

Os dados atestam a ocorrência de forte estacionalidade de produção da forrageira. A estacionalidade acontece em todos os locais, em maior ou menor intensidade (BARIONI *et al.,* 2011), sendo evidenciada através de mudanças na disponibilidade e qualidade da forragem devido a condições climáticas (REIS; ROSA, 2001), com efeitos sobre o desempenho animal (GONÇALVES *et al.,* 2020). Há 40 anos, Pedreira e Mattos (1981) já sinalizavam esta questão. Ao compararem 25 genótipos forrageiros em Nova Odessa, SP, durante três anos, constataram que, na média, a produção de novembro a janeiro foi mais de quatorze vezes superior à observada no período de junho a agosto. Normalmente a produtividade do rebanho acompanha a de forragem, alternando períodos de alto e baixo desempenho, com notória repercussão econômica. Em vista disso, a adequação ou equilíbrio entre a disponibilidade e a demanda de alimentos constitui um dos aspectos de maior

relevância em sistemas pastoris (PEDREIRA *et al.,* 2005). No caso do Tifton 85 na Região Sul do Brasil, a acentuada estacionalidade suscita o emprego de práticas que atenuem este desbalanço, como a introdução de espécies forrageiras de ciclo hibernal através de sobres semeadura.

A Tabela 2 apresenta o comparativo entre os métodos de amostragem (MNE e MTE) quanto à determinação dos valores médios de AF, agrupados por trimestre. Verifica-se que não houve diferença significativa (P>0,05) entre os métodos na estimative da produção de MS em três dos quatro períodos, referentes às estações verão, outono e inverno. Porém, nas coletas relativas aos meses de outubro a dezembro (primavera), os valores verificados pelo MNE foram superiores (P<0,05) aos apontados pelo MTE, o que indica, obviamente, que ambos não são equivalentes em termos de eficácia.

Tabela 2 – Taxa média de acúmulo diário de matéria seca (kg/ha) em pastagem de Tifton 85, de acordo como método de amostragem ("não emparelhamento" e "triplo emparelhamento"). Município de Campo Erê, Mesorregião Oeste Catarinense, SC.

Estação do ano (Meses)	**Método de Amostragem**		
	Não Emparelhamento	**Triplo Emparelhamento**	**Significância**
Verão (Janeiro a março)	129,71 ± 39,43	120,33 ± 59,20	NS
Outono (Abril a junho)	36,31 ± 15,01	33,95 ± 23,45	NS
Inverno (Julho a setembro)	26,51 ± 13,69	21,22 ± 19,55	NS
Primavera (Outubro a dezembro)	86,84 ± 38,02	49,52 ± 29,58	P<0.000075
Média	*69,84 ± 47,87*	*56,26 ± 44,26*	---

NS: Contraste entre as médias não significativo.

Entre os dois métodos em análise, o MTE vem sendo utilizado mais frequentemente para mensuração quantitativa do AF, citando-se, por exemplo, os trabalhos de Paula *et al.* (2012) e Dias *et al*. (2015). Este método reflete com maior fidedignidade o que ocorre na pastagem, pois parte de um IAF que espelha a condição agrostológica em que ela efetivamente se encontra, e não de um IAF muito baixo pelo corte da forragem ao início do período de avaliação, como no MNE. Em vista disso, o MTE fornece, em tese, uma estimativa mais real do AF. Porém, o método mostra-se mais trabalhoso e guarda em si uma grande fonte de erro, qual seja a estimativa visual

de disponibilidade de forragem entre os pontos em duplicata que serão amostrados. A dificuldade e subjetividade inerentes a esta avaliação justificam os maiores coeficientes de variação verificados neste trabalho, em comparação aos do MNE (Tabela 2). Já o MNE – adotado, por exemplo, no trabalho de Dufloth e Vieira (2012) – introduz uma fonte de erro por partir de uma amostra completamente desfolhada, situação diversa ao normalmente verificado em pastagens sob manejo adequado.

Em trabalhos de medição da capacidade de crescimento de pastagens, a repetição no tempo é essencial, face à variabilidade dos fatores climáticos entre diferentes anos, fator que afeta muito a produção de forragem e sua distribuição ao longo dos meses. Silva e Nascimento Júnior (2007, p.122) enfatizam:

> "Até recentemente, apesar da ênfase dada ao conhecimento da curva de acúmulo de forragem dos pastos após corte ou pastejo, sua estacionalidade de produção, composição morfológica e valor nutritivo da forragem produzida, poucos trabalhos relatavam dados colhidos por períodos que ultrapassassem uma estação de crescimento".

Assim, os dados apresentados neste trabalho referem-se ao primeiro ano de avaliação da pastagem de Tifton 85 e são, por isso, preliminares e parciais. A avaliação está sendo repetida no tempo (mais dois anos de coletas), visando a reduzir o efeito errático determinado pelas características climáticas específicas próprias de um ano.

4. CONCLUSÕES

Nas condições do Oeste Catarinense e tendo por base o ano de 2019, a gramínea Tifton 85 apresentou uma curva de produção forrageira com elevada estacionalidade, sendo que 71 % do total anual distribuído em cinco meses. O acúmulo de forragem variou cerca de dez vezes entre os meses de rendimentos extremos. Estes dados demonstram a importância de um adequado ajuste de carga animal na pastagem, equilibrando a disponibilidade de forragem e as exigências do rebanho, bem como remete à necessidadede outras práticas, como a introdução de espécies hibernais na área.

A diferença na estimativa do acúmulo de forragem verificada entre os métodos "não emparelhamento" e "triplo emparelhamento" em um dos quatro períodos de análise é suficiente para atestar que não podem ser considerados equivalentes ou

intersubstituíveis. Ainda que o “triplo emparelhamento” pareça refletir mais fielmente a situação real da pastagem, cada método apresenta suas vantagens e limitações e sua escolha deve estar respaldada nas condições locais específicas, considerando, inclusive, a facilidade de execução e o grau de precisão almejado.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A.P.A.; DRUMOND, L.C.D.; SILVA, A.M.; PONTES, P.O.; FELIPINI, T.M. Capacidade de suporte de pastagens de capins Mombaça, Tanzânia e tifton 85 submetidasa manejo intensivo do pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRADE ZOOTECNIA, 41., Campo Grande, 19-22/jul./2004. **Anais**... Campo Grande: SBZ, 2004. p.01-04.

AGUIAR, A.P.A. **Técnicas de medição da produção da pastagem e planejamento alimentar em sistemas de produção a pasto**. s.d. Disponível em: <www.consupec.com/enviados/200616155025.doc>. Acesso em 17/out./2019.

ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; VERNEQUE, R.S.; BOTREL, M.A. Resposta do tifton 85 a doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34,n.12, p.2345-2352, 1999.

ARRUDA, Domenico Sales Rocha; CANTO, Marcos Weber; JOBIM, Clóves Cabreira; CARVALHO, Paulo César de Faccio. Métodos de avaliação de massa de forragem em pastagens de capim-estrela submetidas a intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, v.41, n.11, p.2004-2009, 2011.

BARIONI, L.G.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; RAMOS, A.K.B.; VELOSO, R. F.; RODRIGUES, D.C.; VILELA, L. Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; SILVA, S.C.; FARIA, V.P. (Eds.). **Produção Animal em Pastagens**: Anais do 20º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Piracicaba: FEALQ, 2003. p.105-153.

BARIONI, Luís Gustavo; TONATO, Felipe; ALBERTINI, Tiago Zanett. Orçamentação forrageira: revisitando os conceitos e atualizando as ferramentas. In: PEDREIRA, C.G.S.;MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.). **A Empresa Pecuária Baseada em Pastagens**: Anais do 26º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Piracicaba: FEALQ, 2011. p.71-96.

CARVALHO, C.A.B.; SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F.; PINTO, L.F.M.; CARNEVALLI, R.A.; FAGUNDES, J.L.; PEDREIRA, C.G.S. Demografia do perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim 'tifton 85' sob pastejo. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.591-600, 2000.

CARVALHO, R.C.R.; ATHAYDE, A.A.R.; VALERIANO, A.R.; MEDEIROS, L. T.; PINTO, J.C. Método de determinação da disponibilidade de forragem. **Ciência et Praxis**,v.1, n.2, p.7-10, 2008.

DIAS, D.L.S.; SILVA, R.R.; SILVA, F.F.; CARVALHO, G.G.P.; BRANDÃO, R. K.C.; SILVA, A.L.N.; BARROSO, D.S.; LINS, T.O.J.A.; MENDES, F.B.L. Recria de novilhos em pastagem com e sem suplementação proteico/ energética nas águas: consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.2, p. 985-998, 2015.

DUFLOTH, J.H.; VIEIRA, S.A. Qualidade nutricional, produção de matéria seca, rendimento animal e econômico da missioneira gigante (*Axonopus catharinensis*) na

Região Sul de Santa Catarina. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v.18, p.56-69, 2012.

FAGUNDES, J.L.; MOREIRA, A.L.; FREITAS, A.W.P.; ZONTA, A.; HENRICHS, R.; ROCHA, F.C. Produção de forragem de Tifton 85 adubado com nitrogênio e submetido à lotação contínua. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, p.306- 317, 2012.

FAGUNDES, J.L.; SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S.; CARNEVALLI, R. A.; CARVALHO, C.A.B.; SBRISSIA, A.F.; PINTO, L.F.M. Índice de área foliar, coeficiente de extinção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotaçãocontínua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.187-195, 2001.

GARDNER, A.L. **Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção**. Brasília: IICA/Embrapa, 1986. 197p.

GOMES, E.P.; RICKLI, M.E.; CECATO, U.; VIEIRA, C.V.; SAPIA, J.G.; SANCHES, A.C. Produtividade de capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.317-323, 2015.

GONÇALVES, J.A.; TARDIVO, R.; BELLO, H.J.S.; TEIXEIRA, G.S.; PINTO, L.D.; ANDRIGHETTO, C.; OLIVEIRA, F.P.; SOUTELLO, R.V.G. Influence of seasonality on helminthiasis and performance of Nellore steers kept in silvopastoral system. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.1, p.2712-2731, 2020.

JOCHIMS, F.; SILVA, A.W.L.; PORTES, V.M. Espécies forrageiras mais utilizadas em pastagens na Região Oeste de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.30, n.3, p.15-18, 2017

MACIEL, Marilene dos Santos; SANTANA JÚNIOR, Hermógenes Almeida; SANTANA, Elizângela Oliveira Cardoso; FERREIRA, Antônio Hosmylton Carvalho; FIGUEIREDO, Cibelle Borges; OLIVEIRA, Zeliana Fernandes; CARDOSO, Elves Souza; SANTOS, Maurílio Souza; ABREU FILHO, George Abreu. Avaliação de pastagem com animais: do tradicional ao moderno. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.11,n.05, p.3700-3713, 2014.

MORAES, A. de; MOOJEN, E.L.; MARASCHIN, G.E. Comparação de métodos de estimativa de taxas de crescimento em uma pastagem submetida a diferentes pressões de pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27, Campinas, 22-27/jul/1990. **Anais...** Campinas: SBZ, 1990. p.332.

MOREIRA, Andréia Luciane; FAGUNDES, Jailson Lara; YOSHIHARA, Eidi; BACKES, Alfredo Acosta; BARBOSA, Leandro Teixeira; OLIVEIRA JÚNIOR, Luiz Fernando Ganassali; SANTOS, Gladston Rafael de Arruda; SANTOS. Monica Alixandrina da Silva Arruda. Acúmulo de forragem em pastos de Tifton 85 adubados com nitrogênio e manejados sob lotação contínua. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.3, sup.1, p.2275-2286, 2015.

PAULA, C.C.L.; EUCLIDES, V.P.B.; LEMPP, B.; BARBOSA, R.A.; MONTAGNER,

D.B.; CARLOTO, M.N. Acúmulo de forragem, características morfogênicas e estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. **Ciência Rural**, v.42, n.11, p.2059-2065, 2012.

PEDREIRA, C.G.S.; PEDREIRA, B.C.; TONATO, F. Quantificação da massa e da produção de forragem em pastagens. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C.; SILVA, S.C.; FARIA, V.P. (Eds.). **Teoria e Prática da Produção Animal em Pastagens**: Anaisdo 22º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Piracicaba: FEALQ, 2005. p.195-216.

PEDREIRA, C.G.S. Avanços metodológicos na avaliação de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39ª, Recife, 2002. **Palestras...** Brasília: SBZ, 2002. v.1. p.100-150.

PEDREIRA, J.V.S.; MATTOS, H.B. Crescimento estacional de vinte e cinco espécies ouvariedades de capins. **Boletim da Indústria Animal**, v.38, n.2, p.117-143, 1981.

PINTO, L.F.M.; SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F.; CARVALHO, C.A.B.; CARNEVALLI, R.A.; FAGUNDES, J.L.; PEDREIRA, C.G.S. Dinâmica do acúmulo de matéria seca em pastagens de tifton 85 sob pastejo. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.439-447, 2001.

REIS, Ricardo Andrade; ROSA, Beneval. Suplementação volumosa: conservação do excedente das pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; SILVA, S.C.; FARIA, V.P. (Eds.). **Planejamento de Sistemas de Produção em Pastagens**: Anais do 18º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.193-232.

RIPA – REDE DE INOVAÇÃO E PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA PARA O AGRONEGÓCIO. **Desenvolvimento de conhecimentos e inovações tecnológicas paraa cadeia produtiva do leite**: Termos de Referência para a Região Sul do Brasil. Curitiba: RIPA, 2008. 92p.

SALMAN, Ana Karina Dias; SOARES, João Paulo Guimarães; CANESIN, Roberta Carrilho. **Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens**. Porto Velho: Embrapa, 2006. Circular Técnica, 84.

SAUTER, C.P. **Produtividade e valor nutritivo de tifton 85 em consórcio com amendoim forrageiro submetido ao pastejo com vacas em lactação**. 2019. 38 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, UFSM, Santa Maria, 2019.

SILVA, Gonçalo Mesquita; SILVA, Fabiano Ferreira; VIANA, Pablo Teixeira; RODRIGUES, Eli Santana de Oliveira; MOREIRA, Charles Neris; MENESES, Murilo de Almeida; ABREU JÚNIOR, José de Souza; RUFINO, Cassyo de Araújo; BARRETO,Luan da Silva. Avaliação de forrageiras tropicais: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia – PUBVET**, v.10, n.3, p.190-196, 2016.

SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.121-138,

2007.

SILVEIRA FILHO, L.V. da. Planejamento alimentar em sistemas de pastejo. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v.2, p.1-11, 2011.

SOARES FILHO, C.V.; RODRIGUES, L.R.A.; PERRI, S.H.V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v.24, n.5, p.1377-1384, 2002.

VIDART, R.D.; BORBA, M.F.S.; TRINDADE, J.P.P.; BOAVISTA, L.R.; GOULART, C.G.; NUNES, G.D. Metodologia do triplo emparelhamento utilizada nas unidades experimentais participativas (UEPAS) dentro do Território Alto Camaquã. In: CONGREGA URCAMP / MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8, Alegrete, 24-26/nov./2010. **Anais...** Alegrete: URCAMP, 2010. Disponível em: <*https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26398/1/Congrega-2010-mf-0001.pdf*>. Acesso em: 29/outubro/2018.

ZANINE, Anderson de Moura; SANTOS, Edson Mauro; FERREIRA, Daniele de Jesus. Principales métodos de evaluación de pasturas. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v.7,n.11, p.1-13, 2006.

CAPÍTULO 16

THE POLYMORPHISM R441Q OF THE CHICKEN WWP1 UBIQUITIN PROTEIN LIGASE AFFECTS ITS FUNCTIONAL AND STRUCTURAL PROPRIETIES: POSSIBLE IMPLICATIONS TO GENETIC MUSCULAR DYSTROPHY

Jane Eyre Gabriel
Doutora em Ciências
Instituição: Colegiado de Medicina, Campus Petrolina Centro da Universidade Federal do Vale do São Francisco
Endereço: Av. José de Sá Maniçoba, s/n, Centro, Petrolina/PE, Brasil. CEP: 56.304917
E-mail: janegabriel@ufscar.br

ABSTRACT: The current study aimed to assess the effects of the causal polymorphism R441Q on the functional and structural proprieties of the WWP1 ubiquitin-protein ligase of chicken *Gallus gallus* by *in silico* prediction analyses. Amino acid sequences of chicken WWP1 were selected from database UniProtKB/Swiss-Prot: a) wild sequence (Q5F372) with arginine (R) at position 441, and b) mutant sequence harboring the polymorphism R441Q, substituting arginine by glutamine (Q) at same position. The WWP1 sequences were submitted as input to different Bioinformatics' tools to investigate the functional impacts of this replacement on eventual alterations in their tridimensional structure modeling. Results showed that the polymorphism R441Q of the chicken mutant WWP1 was predicted as deleterious, and the predictive tridimensional model for mutant WWP1 demonstrated lower modeling quality with strongly negative scores than those generated for wild protein. Interestingly, preliminary experimental findings have showed that single nucleotide variants in the WWP1 gene are possibly enough to affect its biological function, provoking potential risks to muscular dystrophy in chickens. Thus, the findings described here in suggest that the replacement of the arginine by glutamine amino acids provoked local conformational changes in the R441Q-harboring WWP1 protein, which could directly affect its post-translational folding mechanisms and biological functionality, and consequently trigger the pathogenesis associated with genetic muscular dystrophy in chickens.

KEYWORDS: Bioinformatics; *in silico* prediction; Muscular dystrophy; Single nucleotide polymorphism; WWP1 protein.

RESUMO: O presente estudo objetivou avaliar os efeitos do polimorfismo causal R441Q sobre as propriedades funcionais e estruturais da enzima ligase WWP1 da proteína ubiquitina de galinha *Gallus gallus* por estudos comparativos de predição *in silico*. Sequências de aminoácidos da enzima ligase WWP1 de galinha foram selecionadas a partir de banco de dados UniProtKB/Swiss-Prot: a) sequência selvagem (Q5F372), contendo aminoácido arginina (R) na posição 441, e b) sequência mutante abrigando o polimorfismo R441Q, que carreia a substituição do aminoácido arginina por glutamina (Q) na mesma posição. Os impactos funcionais e estruturais desta substituição sobre eventuais alterações na modelagem de estrutura tridimensional das sequências da proteína WWP1 de galinha foram avaliados por análises de Bioinformática. Tais resultados demonstraram que o polimorfismo R441Q da proteína mutante WWP1 de galinha foi predito como deletério, e o modelo tridimensional predito para esta proteína mutante apresentou qualidade de

modelagem baixa com parâmetros avaliativos fortemente negativos em comparação àqueles gerados para a proteína selvagem. Curiosamente, resultados experimentais preliminares têm mostrado que variantes de nucleotídeo único no gene WWP1 são possivelmente suficientes para afetar sua função biológica, provocando riscos potenciais para distrofia muscular Genética em galinha. Assim, os resultados aqui descritos predizem que a substituição da arginina por glutamina pode provocar alterações conformacionais locais na proteína WWP1 mutante carreando o polimorfismo R441Q, o que poderia afetar diretamente seus mecanismos de dobramento pós-tradução e funcionalidade biológica e, consequentemente, desencadear a patogênese associada com distrofia muscular genética em galinha.

PALAVRAS-CHAVE: Bioinformática; Distrofia muscular; Predição *in silico;* Polimorfismo de nucleotídeo único; Proteína WWP1.

1. INTRODUCTION

Genetic muscular dystrophy constitutes an important problem of noninfectious myopathologies in poultry, since inherited muscular dystrophy of the chicken is an abnormality affecting the normal development and function of fast-twitch skeletal muscles. Over the past decades, several different strains of dystrophic chickens have been developed by selection for high lipid content in the *pectoralis* muscle and early onset of the disorder or by outcrossing the original New Hampshire stock into an inbred White Leghorn breed (RANDALL & WILSON, 1980). Notably, the identification of a potent candidate gene named *WWP1* ubiquitin ligase gene is strongly associated with muscular dystrophy in broiler chickens (MATSUMOTO *et al*., 2008). Within this context, the WW domain-containing proteins characterizes as a HECT-type E3 ubiquitin protein ligase largely found in all eukaryotes, exerting an crucial role in the regulation of a wide variety of cellular functions, such as protein degradation, transcription, and RNA splicing (SCHEFFNER & KUMAR, 2014). This polypeptide is composed by 922 amino acids, containing four tandem WW domains that interact with the proline-rich peptide motifs of target proteins, and its pattern of spatial expression is detected in the plasma membrane (sarcolemma), sarcoplasmic reticulum, mitochondria and nucleus in normal chicken skeletal muscle cells (SCHEFFNER & KUMAR, 2014). Interestingly, Matsumoto *et al*. (2008) identified a missense mutation (G1321A) into gene *WWP1* that provoked the replacement of arginine located in the centre of the WW domains into glutamine (polymorphism R441Q), leading to the molecular alteration from a basic side chain to an uncharged polar side chain, and suggesting that the gene *WWP1* is responsible for chicken muscular dystrophy.

Since it is generally assumed that the function of a protein is closely linked to its tridimensional structure, prediction or experimental determination of the library of protein structures is a matter of high priority. Over the past decades, Bioinformatics' tools have largely previewed the effects of single replacements of amino acid residues on the biological and structural functions in mutant proteins (COSTA *et al*., 2018, GUZZI *et al*., 2020). Thus, the purpose of the current study was to infer the biological, functional and structural effects of the polymorphism R441Q on chicken WWP1 protein by *in silico* prediction comparative analyses. Such comparative findings may predict possible implications to genetic muscular dystrophy in chicken.

2. MATERIALS AND METHODS

In current study, the sequence of amino acid residues concerning protein WWP1 of chicken *Gallus gallus* (Q5F372) was searched and selected in FASTA format from non-redundant protein sequence database UniProtKB/Swiss-Prot. The wild sequence of the protein WWP1 has the arginine (R) amino acid at position 441 while the mutant WWP1 sequence harboring the causal polymorphism R441Q resulted in the replacement from alanine to valine (V) amino acid at same position.

2.1 Characterization of the structural, biological and functional effects of the polymorphism R441Q in the chicken mutant WWP1 protein

The structural consequences of polymorphism R441Q in the chicken WWP1 protein were analyzed using SIFT program (NG *et al*., 2003), followed for validation of the data by PANTHER tool to estimate the evolutionary probability of this mutation to have a biological impact on the protein WWP1 (THOMAS *et al*., 2003). Moreover, eventual consequences of the polymorphism R441Q on the protein biological activity were estimated using PROVEAN (CHOI & CHAN, 2015) and MutPred (PEJAVER *et al*., 2017) servers. The SNPs&GO server was used to assess if the single point protein mutation likely to be involved in the development and progression of diseases (CAPRIOTTI *et al*., 2013). To predict the effects of the polymorphism R441Q on the protein stability were used the CUPSAT tools (PARTHIBAN *et al*., 2006). Moreover, the ConSurf server was used to characterize the conserved evolutionary regions in the proteins of interest and to build 2D structure models (ASHKENAZY *et al*., 2016). Tridimensional structural models of the wild and mutant WWP1 were built from NEDD4-like E3 ubiquitin-protein ligase WWP1(6j1x.1.A) template sequence by Swiss-Model server (WATERHOUSE *et al*., 2018) and visualized by PolyView-2D (POROLLO *et al*., 2004). Finally, RaptorX server provided further details of the impacts of the polymorphism R441Q on multiple alignments of structural models between wild and mutant WWP1 (WANG *et al*., 2016).

3. RESULTS

Sift results indicated that the polymorphism R441Q in the chicken mutant WWP1

is predicted as tolerated while Provean server validated these data as deleterious with score of -3.746. Moreover, PSEP (position-specific evolutionary preservation) value of 1037 was characterized as probably damaging, and this evaluative parameter is responsible to estimate the length of time in millions of years that a determined position in a protein of interest has been preserved by tracing back to its reconstructed direct ancestors. Notably, the polymorphism R441Q of the mutant WWP1 protein was predictedas disease-causing with score value of 0.640 and MutPred results reinforced that this polymorphism was predicted as deleterious with score of 32 and expected accuracy of 66 %.

ConSurf results demonstrated that the amino acid residues R or Q at position 441 in the wild and mutant WWP1, respectively, were characterized as highly conserved evolutionary status within different grades of color purple (Figure 1A and B). Moreover, tridimensional structure models for wild and mutant protein sequences were built from aspecific sequence template (NEDD4-like E3 ubiquitin-protein ligase WWP1) with high accuracy and identity values of 96.13 % and 95.95 % for both the models, respectively, by Swiss-Model analyses (Figure 1C and D). QMEAN/GMQE scores concerning structural quality of the predictive models for wild and mutant WWP1 protein was -1.27/0.58 and - 1.16/0.57, respectively. All-atom interactions among chemically distinguishable heavy atoms in local secondary structure were -0.64 and -0.61 for wild and mutant WWP1, respectively, as well as values of interactions among Cβ positions of the 20 standard amino acids, in particular glycine, were -0.68 and -0.59 in the predictive models for wild and mutant WWP1 proteins, respectively. Solvation calculated by counting surrounding atoms around all chemically distinguishable heavy atoms not belonging to the assessed residue itself was 0.03 and 0.08 for wild and mutant WWP1 models, respectively. Torsion of the φ/ψ central angles of three consecutive amino acids was predicted in -1.12 and – 1.05 for wild and mutant protein models, respectively. Based on these evaluative parameters, the predictive tridimensional model for mutant WWP1 protein showed lower modeling quality with strongly negative scores than those generated from wild protein. Alignments between predicted structural models for wild and mutant WWP1 resulted in a high quality of structure alignment with TMscore of 1.0, indicating 90 % of chance that two proteins of interest share a similar fold (Figure 1E).

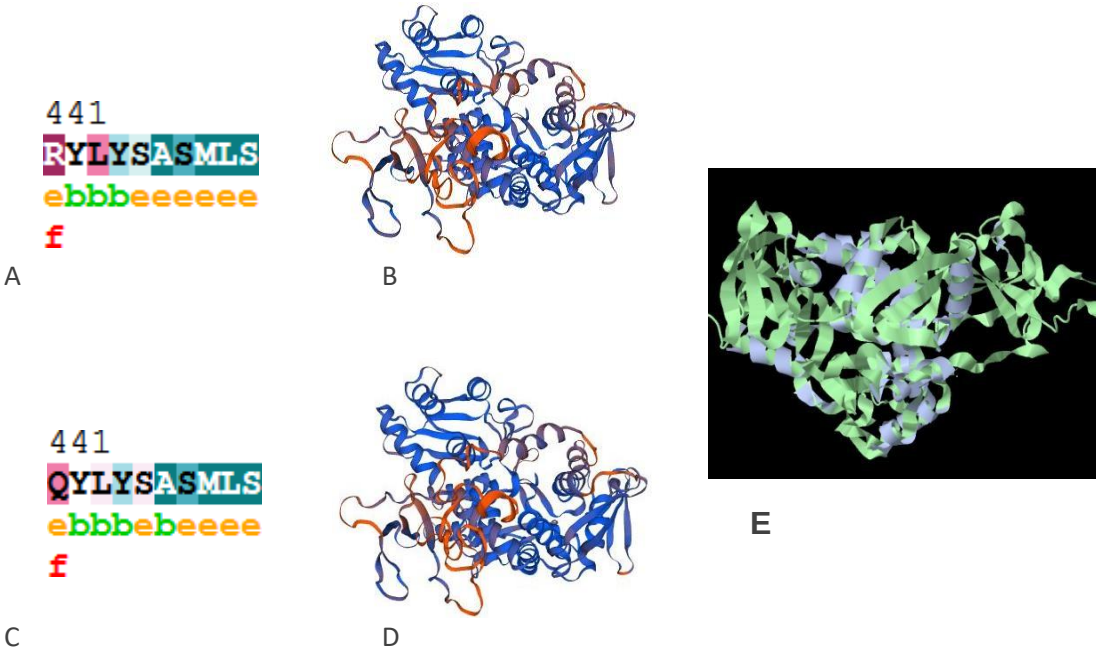


Figure 1. The positioning of the polymorphism R441Q (arginine 441 glutamine) identified in the chicken WWP1 protein sequence. Evolutionary conservation pattern of amino acid residues within the primary sequence in wild (A) and mutant (B) WWP1 protein. The color intensity increases with degree of conservation and the amino acid residues are colored based on their conservation grades and conservation levels. The conservation scale of the amino acid residues is defined in highly variable in color blue and highly conserved in color purple (e: an exposed residue according to the neural - network algorithm, f: a predicted functional residue highly conserved and exposed). Tridimensional structure models predicted by wild (C) and mutant (D) sequences in chicken WWP1 protein generated by ConSurf server and visualized by PolyView-2D tools. (E) Tridimensional structure model revealed for multiple alignments between wild and mutant sequences of the chicken WWP1 protein predicted by RaptorX tools.

4. DISCUSSION

The replacement of amino acids with distinct biochemical proprieties frequently results in strong changes in the structural conformations and consequently implications in the function and stability of mutant proteins (COSTA *et al*., 2018, GUZZI *et al*., 2020, MARKUS *et al*., 2020). Within this context, the polymorphism R441Q provoked the

substitution from arginine, an essential and polar amino acid with a positively charged guanidino group to glutamine a non-essential, charge-neutral, polar amino acid (NELSON, 2008). Specially, arginine is well designed to bind the phosphate anion, and is often foundin the active centers of proteins that bind phosphory lated substrates and, as a cation, arginine plays a role in maintaining the overall charge balance of a protein (NELSON, 2008). Notably, the polymorphism R441Q were located in a highly conserved domain (Figure 1A and B), suggesting that the replacement of an arginine located in the centre of the WW domains into glutamine at position 441 may result in the conformational un-stabilityin the chicken mutant WWP1. Taken together, genes involved in the basic biological process, for example, gene regulation, are highly conserved during evolution, being leastpolymorphic within the human species as well as between species, since possible implications of gene and protein structural changes may compromise fundamental cellular and organismal functions.

Although the tridimensional model for mutant WWP1 protein demonstrates lower values of evaluative parameters than those revealed for wild protein (Figure 1C and D), multiple sequence alignments between two predicted models shared a similar folding with high score (Figure 1E). A protein undergoes generally reversible structural and conformational changes in performing its biological function and then its folded tridimensional structure is deeply necessary for function. Interestingly, preliminary experimental findings have showed that the mutant WWP1 protein was markedly degraded and was absent in the sarcolemma in chickens affected by muscular dystrophy (IMAMURA *et al*., 2016), reinforcing that structural alterations are possibly enough to affect its biological function and provoke potential risks to several diseases, such as genetic muscular dystrophy in chickens. The assumption that a folded tridimensional structure isnecessary for function is a crucial argument, since the intrinsic lack of structure mayconfer functional disadvantages on a protein, including effects on its ability to bind toseveral different targets and interaction with other components of the cellular machinery.

An alternative argument to explain deleterious effects of the replacement of amino acid residues on the final conformation protein hypothesizes that the presence of a rare codon in a silent gene mutation alters the timing of cotranslational folding and resulting in changed function with clinical consequences, as postulated by Kimchi-Sarfaty *et al*. (2007). The disruption of hydrophobic interactions or the introduction of charged residuesinto buried sites, or mutations that break beta-sheets often influences

severely phenotype and raises the susceptibility for disease (GONG & BLUNGELL, 2010). There are also comprehensive web tools for predicting various potential functions of both regulatory and coding single nucleotide variants, in order to facilitate the understanding of how polymorphisms can contribute to phenotypic differences amongst individuals, such as disease risk (JIN *et al*., 2018). These evidences support that intricate details of the tridimensional structures are crucial for protein function and local conformational changes, especially connected to binding sites, may exert stronger negative impacts on the protein function and cause diseases (GUZZI *et al*., 2020).

The findings described herein suggest the negative effects of the replacement of amino acids with distinct biochemical proprieties caused by the casual polymorphism R441Q of the chicken mutant WWP1 protein. Within this context, the replacement from arginine to glutamine amino acids may be provoking local conformational changes in the R441Q-harboring WWP1 protein, which could directly affect its post-translational folding mechanisms and biological functionality, triggering the pathogenesis symptoms associated with genetic muscular dystrophy in broiler chickens.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the Bioinformatics and Computational Biology Group, designated “BIO in BYTES”.

REFERENCES

ASHKENAZY H, ABADI S, MARTZ E, CHAY O, MAYROSE I, PUPKO T, *et al.* ConSurf 2016: an improved methodology to estimate and visualize evolutionary conservation in macromolecules. Nucleic Acids Research 2016;44(W1):W344-W350.

CAPRIOTTI E, CALABRESE R, FARISELLI P, MARTELLI PL, ALTMAN RB, CASADIO R. WS-SNPs & GO: a web server for predicting the deleterious effect of humanprotein variants using functional annotation. BMC Genomics 2013;14(Suppl 3):S6.

CHOI Y, CHAN AP. PROVEAN web server: a tool to predict the functional effect of amino acid substitutions and indels. Bioinformatics 2015;31(16):2745-2747.

COSTA FFP, NOGUEIRA JF, GOUVEIA JJS, GABRIEL JE. Characterizing the polymorphism K232A of the diacylglycerol-acyltransferase-1 lipogenic enzyme of bovine Bos taurus using in silico comparative protein prediction analyses. Brazilian Journal of Biology 2018;78(2):389-390.

GONG S, BLUNDELL, TL. Structural and functional restraints on the occurrence of single amino acid variations in human proteins. PLoS ONE 2010;05(2):e9186.

GUZZI AF, OLIVEIRA FSL, AMARO MMS, TAVARES-FILHO PF, GABRIEL JE. In silico prediction of the functional and structural consequences of the non-synonymous single nucleotide polymorphism A122V in bovine CXC chemokine receptor type 1. Brazilian Journal of Biology 2020;80(1);39-46.

IMAMURA M, NAKAMURA A, MANNEN H, TAKEDA S. Characterization of WWP1 protein expression in skeletal muscle of muscular dystrophy chickens. Journal of Biochemistry 2016;159(2):171-179.

JIN Y, WANG J, BACHTIAR M, CHONG SS, LEE CGL. Architecture of polymorphisms in the human genome reveals functionally important and positively selected variants in immune response and drug transporter genes. Human Genomics 2018;12(1):43-56.

KIMCHI-SARFATY C, OH JM, KIM IW, SAUNA ZE, CALCAGNO AM, AMBUDKAR SV, *et al.* A "silent" polymorphism in the MDR1 gene changes substrate specificity. Science 2007;315(5811):525-528.

MARKUS DV, SILVA RE, COSTA JOJ, AZEVEDO RCF, MIGUEL DC, MARCILI A. Análise *in silico* de Catepsina L-like de *Leishmania braziliensis*: busca de um novo alvo para o diagnóstico molecular. Brazilian Journal of Development 2020;6(6):33264-33274.

MATSUMOTO H, MARUSE H, INABA Y, YOSHIZAWA K, SASAZAKI S, FUJIWARA A, *et al.* The ubiquitin ligase gene (WWP1) is responsible for the chicken muscular dystrophy. FEBS Letters 2008;582(15):2212-2218.

NELSON DL. Lehninger Principles of Biochemistry. New York: W.H. Freeman, 2008.

NG PC, HENIKOFF S. SIFT: Predicting amino acid changes that affect protein function. Nucleic Acids Research 2003;31(13):3812-3814.

PARTHIBAN V, GROMIHA MM, SCHOMBURG D. CUPSAT: prediction of protein stability upon point mutations. Nucleic Acids Research 2006;34:W239-242.

PEJAVER V, URRESTI J, LUGO-MARTINEZ J, PAGEL KA, LIN GN, NAM H, *et al.* MutPred2: inferring the molecular and phenotypic impact of amino acid variants. *Bio Rxiv* 2017;134981.

POROLLO A, ADAMCZAK R, MELLER J. POLYVIEW: A Flexible Visualization Tool for Structural and Functional Annotations of Proteins, Bioinformatics 2004;20:2460-2462.

RANDALL WR, WILSON BW. Properties of muscles from chickens with inherited muscular dystrophy. Journal of Neurological Science 1980;46(2):145-155.

SCHEFFNER M, KUMAR S. Mammalian HECT ubiquitin-protein ligases: biological and pathophysiological aspects. Biochimica et Biophysica Acta 2014;1843(1):61-74.

THOMAS PD, CAMPBELL MJ, KEJARIWAL A, MI H, KARLAK B, DAVERMAN R, *et al.* PANTHER: a library of protein families and subfamilies indexed by function.Genome Research 2003;13:2129-2141.

WANG S, LI W, LIU S, XU J. RaptorX-Property: a web server for protein structure property prediction. Nucleic Acids Research 2016;44(W1):W430-W435.

WATERHOUSE A, BERTONI M, BIENERT S, STUDER G, TAURIELLO G, GUMIENNY R, *et al.* SWISS-MODEL: homology modelling of protein structures and complexes. Nucleic Acids Research 2018;46:W296-W303.

CAPÍTULO 17

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E ACEITABILIDADE DE SORVETES DESENVOLVIDOS A PARTIR DE DIFERENTES LEITES FERMENTADOS POR KEFIR, JABUTICABA (*MYRCIARIA CAULIFLORA* (MART.) O. BERG) E MEL DE ABELHA SILVESTRE

Jerônimo Vidal Ferreira
Nutricionista, Residente do Programa Multiprofissional de Atenção ao Câncer da Escola Superior de Ciências da Saúde (ESCS/DF)
Pós-Graduado em Nutrição Clínica, Metabolismo, Prática e Terapia Nutricional (Faculdade Dom Alberto)
SMHN Conjunto A, Bloco 01, Edifício Fepecs - Asa Norte: CEP: 70710-907; Brasília/DF
E-mail: jeronimovidal1@hotmail.com

Gabriela da Silva Schirmann
Nutricionista, Docente no Centro Universitário da Região da Campanha (URCAMP)
Mestra em Agroecossistemas (UFSC)
Endereço: Rua Coronel Azambuja, 35; CEP: 96400710; Bagé/RS
E-mail: gabrielaschirmann@urcamp.edu.br

Mônica Lourdes Palomino de los Santos
Coordenadora do Curso de Nutrição do Centro Universitário da Região da Campanha (URCAMP) Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFPEL)
Endereço: Rua Coronel Azambuja, 35; CEP: 96400710; Bagé/RS
E-mail: monicasantos@urcamp.edu.br

Ana Carolina Zago
Farmacêutica, Docente do Centro Universitário da Região da Campanha (URCAMP)
Doutoranda em Saúde e Comportamento (UCPEL)
Endereço: Rua Coronel Azambuja, 35; CEP: 96400710; Bagé/RS
E-mail: anazago@urcamp.edu.br

Vera Maria de Souza Bortolini
Nutricionista, Docente no Centro Universitário da Região da Campanha (URCAMP)
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFPEL)
Endereço: Rua Coronel Azambuja, 35; CEP: 96400710; Bagé/RS
E-mail: verabortolini@urcamp.edu.br

Reni Rockenbach
Nutricionista, Docente no Centro Universitário da Região da Campanha (URCAMP)
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFPEL)
Endereço: Rua Coronel Azambuja, 35; CEP: 96400710; Bagé/RS
E-mail: renirockenbach@urcamp.edu.br

Guilherme Cassão Marques Bragança
Coordenador do Curso de Farmácia do Centro Universitário da Região da Campanha (URCAMP) Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFPEL)
Endereço: Rua Coronel Azambuja, 35; CEP: 96400710; Bagé/RS
E-mail: guilhermebraganca@urcamp.edu.br

RESUMO: O kefir é uma cultura probiótica fermentativa que gera produtos de sabor ácido, levemente alcoólico, produzido de forma artesanal a partir da inoculação de grãos que realizam processo fermentativo através de bactérias ácido láticas, ácido acéticas e leveduras fermentadoras de carboidratos, podendo as mesmas serem cultivadas tanto em água enriquecida de sacarose, como também em diversos tiposde leite sendo os mais utilizados os de origem bovina e de origem caprina. A jabuticaba é originária do Brasil, pertence à família Myrtaceae e é conhecida por possuir altos teores de compostos fenólicos como antocianinas e taninos, principalmente em sua casca, o que contribui com sua elevada capacidade antioxidante. O mel possui diferentes propriedades físico-químicas por ser produzido a partir do néctar de diferentes plantas e por isso a sua produção fica dependente da abundância e da qualidade da flora existente no raio de ação das abelhas. Com o crescente apelo da população em consumir alimentos com qualidade nutricional comprovada faz–se necessário desenvolver produtos à base de alimentos com propriedades funcionais como probióticos e prebióticos, que estão relacionados diretamente com a saúde do trato gastrointestinal, pois se sabe que diversas patologias estão relacionadas com o desequilíbrio da microbiota intestinal. Surgem também como alternativa os alimentos que contêm propriedades antioxidantes, pois se sabe que essas substâncias combatem os radicais livres que são responsáveis por ocasionar dano celular que levam à degeneração e morte das células, sendo relacionados com o desenvolvimento de doenças degenerativas e o processo de envelhecimento. O presente estudo teve como principal objetivo definir os parâmetros físico-químicos e aceitabilidade de produtos desenvolvidos a partir da união de diferentes leites fermentados por kefir, jabuticaba e mel de abelha silvestre. Este trabalho configurou-se como uma pesquisa experimental, descritiva com abordagem quantitativa, no qual foram avaliadas as características físico-químicas e aceitabilidade de duas formulações de sorvetes à base de jabuticaba, mel silvestre e diferentes leites fermentados por grãos de kefir sendo um de origem bovina e outro de origem caprina, sendo realizadas análises de composição proximal, valor calórico, capacidade antioxidante, antocianinas totais, seguidos posteriormente por análise sensorial composta por 50 avaliadores treinados que verificaram os produtos através de dois tipos de métodos sensoriais. Verificou- -se que 80 % dos avaliadores eram do sexo feminino, e em relação ao índice de aceitabilidade dos 6 atributos avaliados, o leite bovino alcançou índices satisfatórios em 5 categorias onde foram observados frequências maiores que 70 %, já o leite caprino alcançou índices satisfatórios em 3 atributos avaliados. Já no que se refere à intenção de compra observou-se que a 32 % dos avaliadores talvez comprassem o sorvete com leite bovino e 26 % dos avaliadores certamente não comprariam o sorvete com leite caprino, já no que diz respeito à composição centesimal, teor de antocianinas totais e capacidade antioxidante verificou-se que ambos os sorvetes apresentam valores semelhantes com pequena diferença favorável ao sorvete derivado de leite bovino fermentado. Conclui- -se que ambosos sorvetes apresentaram caracterizações sensoriais, nutricionais e bioativas significantemente expressivas. Destaca-se ainda que a utilização de produtos encontrados dentro do Bioma Pampa favorece o desenvolvimento rural e regional, em nível financeiro, social e cultural, bem como também incentiva a produção, consumo e pesquisa de plantas, frutos e hortaliças presentes na vasta biodiversidade deste ecossistema.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia de Alimentos; Bioma Pampa; Kefir.

ABSTRACT: Kefir is a probiotic fermentative culture that generates products with an acid flavor, slightly alcoholic, produced by hand from the inoculation of grains that carry out a fermentation process through lactic acid bacteria, acetic acid and carbohydrate fermenting yeasts, which can be cultivated both in sucrose-enriched water, as well as in several types of milk, the most used being those of bovine and caprine origin. Jabuticaba is originally from Brazil, belongs to the Myrtaceae family and is known for having high levels of phenolic compounds such as anthocyanins and tannins, mainly in its bark, which contributes to its high antioxidant capacity. Honey has different physical and chemical properties because it is produced from the nectar of different plants and therefore its production is dependent on the abundance and quality of the flora existing in the range of action of the bees. With the growing appeal of the population to consume food with proven nutritional quality, it is necessary to develop food-based products with functional properties such as probiotics and prebiotics, which are directly related to the health of the gastro intestinal tract, as it is known that several pathologies are related with the imbalance of the intestinal microbiota. Alternatively, foods that contain antioxidant properties also appear, as these substances are known to fight free radicals that are responsible for causing cellular damage that lead to the degeneration and death of cells, being related to the development of degenerative diseases and the aging process. The present study had as main objective to define the physical-chemical parameters and acceptability of products developed from the union of different milks fermented by kefir, jabuticaba and wild bee honey. This work was configured as an experimental, descriptive research with a quantitative approach, in which the physical-chemical characteristics and acceptability of two formulations of ice cream based on jaboticaba, wild honey and different milk fermented by kefir grains were evaluated, one of which was of origin. bovine and caprine origin, with analyzes of proximal composition, caloric value, antioxidant capacity, total anthocyanins, followed later by sensory analysis made up of 50 trained evaluators who verified the products using two types of sensory methods. It was found that 80 % of the evaluators were female, and in relation to the acceptability index of the 6 attributes evaluated, bovine milk reached satisfactory indexes in 5 categories where frequencies greater than 70 % were observed, while caprine milk reached satisfactory indexes in 3 evaluated attributes. Regarding the purchase intention, it was observed that 32 % of the evaluators might buy the ice cream with bovine milk and 26 % of the evaluators would certainly not buy the ice cream with goat milk, as far as the centesimal composition, content of total anthocyanins and antioxidant capacity it was found that both ice creams present similar values with a small difference in favor of ice cream derived from fermented bovine milk. It is concluded that both ice creams had significantly expressive sensory, nutritional and bioactive characterizations. It is also noteworthy that the use of products found within the Pampa Biome favors rural and regional development, at the financial, social and cultural level, as well as also encouraging the production, consumption and research of plants, fruits and vegetables present in the vast biodiversity of this ecosystem.

KEYWORDS: Food Technology; Pampa Biome; Kefir.

1. INTRODUÇÃO

Segundo as Diretrizes Mundiais da Organização Mundial de Gastroenterologia (2011) probióticos são microrganismos vivos que podem ser incluídos na preparação de uma ampla gama de produtos, incluindo alimentos, medicamentos, e suplementos dietéticos. Sabe-se que os probióticos são frequentemente estudados, pois diversos autores citam uma elevada lista de efeitos benéficos à saúde humana dentre os quais os mais reconhecidos são a modulação da microbiota intestinal, diminuição de doenças gastrointestinais de ocorrência infectocontagiosa, diminuição dos riscos de neoplasias, dentre outros.

O kefir é uma cultura probiótica fermentativa que gera produtos de sabor ácido, levemente alcoólico, produzido de forma artesanal a partir da inoculação de grãos em substratos como leite ou água, que realizam processo fermentativo através de bactérias ácido láticas, acido acéticas, leveduras fermentadoras de carboidratos (ABRAHAM e DE ANTONI, 1999). Ahmed *et al.* (2013) descrevem que através do processo fermentativo do kefir são gerados diferentes compostos que conferem aroma e sabor característicos do produto, além de substancias bioativas, responsáveis por propriedades nutracêuticas, que associados a uma alimentação balanceada geram benefícios como aumento da proliferação das bifidobactérias e lactobacilos na microbiota intestinal, estimulação do sistema imune, atividade antimicrobiana contra patógenos e possíveis ações antitumorais. Dentre estes novos fenômenos da alimentação mundial surgem preparações culinárias que unem diferentes ingredientes com propriedades funcionais, dentre os quais estão os antioxidantes que se encontram presentes em uma vasta lista de alimentos como frutos, hortaliças, ervas, chás e mais atualmente diferentes tipos de plantas e compostos gerados por animais como por exemplo o mel de abelha.

A jabuticaba é originária do centro/sul/sudeste do Brasil, pertence à família Myrtaceae e é conhecida por possuir altos teores de compostos fenólicos como antocianinas e taninos, principalmente em sua casca, o que contribui com sua elevada capacidade antioxidante (REYNERTSON *et al.*, 2008; SANTOS *et al.,* 2010; CAVALCANTI *et al.,* 2011).

O mel possui diferentes propriedades físico-químicas por ser produzido a partir do néctar de diferentes plantas e por isso a sua produção fica dependente da

abundância e da qualidade da flora existente no raio de ação das abelhas. A caracterização regional e o estabelecimento de padrões são de grande importância, considerando a diversidade botânica e a variação climática de cada região (PEREIRA *et al.*, 2003; ALVES, 2008). Dentre as regiões produtoras de mel no Brasil figura-se entre as primeiras o Rio Grande do Sul, que apresenta uma grande variedade de produtos de diferentes características, muito por sua biodiversidade floral frequentemente observada no Bioma Pampa.

O sorvete é uma preparação alimentar gelada, de grande aceitabilidade, feita através de alguns produtos básicos como água, açúcar e leite usando como base frutas e outros ingredientes que conferem gosto, sabor, aroma e textura ao produto. Seguindo uma analogia técnico-científica, o sorvete, por ser um alimento que permite uma variação de ingredientes, mostra-se como um meio excelente para testar a aceitabilidade da união de novos produtos utilizados na alimentação atual.

Torna-se fundamental, deste modo, o estudo de formas de utilização das diferentes partes vegetais para enriquecer a alimentação humana, com ênfase nas suas propriedades nutricionais e bioquímicas, por muitas vezes melhores do que as utilizadas no cardápio alimentar convencional da população mundial atual.

O presente estudo teve como principal objetivo definir os parâmetros físico-químicos e aceitabilidade de sorvetes desenvolvidos a partir da união de diferentes leites fermentados por kefir, jabuticaba e mel de abelha silvestre, bem como também definir a composição centesimal, compostos bioativos e atividade antioxidante, relatando quais atribuições sensoriais os mesmo despertam frente ao mercado consumidor.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho configurou-se como uma pesquisa experimental, descritiva com abordagem quantitativa. Trata-se de um estudo sobre a definição de parâmetros físico-químicos e aceitabilidade de sorvetes produzidos utilizando como principais ingredientes o mel de abelha silvestre, os frutos da jabuticabeira popularmente conhecida como jabuticaba e dois substratos lácteos diferentes fermentados por grãos de kefir, leite bovino e leite caprino.

Os ingredientes como leite bovino UHT integral, leite caprino UHT integral, leite condensado, emulsificante e liga neutra foram obtidos em supermercados locais,

sendo o mel silvestre obtido através de apicultores locais e a jabuticaba colhida na região de Palmas, zona rural de Bagé- RS (- 31.013730, -53.541234). Os grãos de kefir utilizados como fermento lácteo foram obtidos através de doação pessoal de membros do estudo.

Os grãos de kefir foram cultivados diariamente durante quatro semanas, a fim de se obter a quantidade necessária para os ensaios de fermentação nos dois substratos utilizados. Após crescimento da cultura a mesma foi divida em duas porções de 100g sendo a partir deste ponto cultivadas separadamente em leite bovino e caprino.

Os grãos foram coados e higienizados individualmente com água filtrada e, posteriormente, transferidos separadamente para dois vidros para inoculação em leite bovino UHT integral e leite caprino UHT integral, sendo ambas culturas mantidas à temperatura ambiente por 24h dentro do laboratório de Nutrição da URCAMP. As proporções utilizadas neste estudo foram de 1:10. Após 24h ambas culturas foram coadas e higienizadas novamente e os caldos fermentados de leite bovino e leite caprino armazenados para utilização na formulação do sorvete, sendo os grãos novamente ocasionados em leite e expostos a fermentação.

Foram padronizados para as formulações dos produtos 1L de leite fermentado de kefir (1030g), 30 % frutos de jabuticaba (310g), 11 % leite condensado (118g), 5 % mel silvestre (50g), 4 % emulsificante industrial (40g), 2 % de liga neutra industrial para sorvete.

As preparações foram feitas separadamente onde foram misturados por 3 minutos o leite fermentado, a jabuticaba a liga neutra e o mel, onde posteriormente foi armazenado em um pote de plástico estéril e levado ao congelador por um período de 2 h. Após a mistura foi condicionada a uma batedeira sendo adicionado o emulsificante e batidos por período de 20 minutos contínuos até atingir o ponto de cremosidade necessário. Após o termino a mistura foi condicionada em freezer por 4 h até o mesmo adquirir a consistência desejada. Ambas amostras foram realizadas com a mesma padronização tanto para o leite fermentado bovino quanto para o caprino.

Foram utilizados para coleta de dados do experimento testes sensoriais descritivos e afetivos quantitativos, tendo como as bases de avaliação escalas lineares estruturadas nominais, escalas não estruturadas, escalas hedônicas e escalas de atitude ou intenção de compra, seguindo como base com as NBR 12806 que dispõe a terminologia para análise sensorial de alimentos e bebidas (ABNT, 1993),

NBR 14141 que dispõe as escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas (ABNT, 1998).

As análises laboratoriais ocorreram no laboratório de Farmácia do Centro Universitário da Região da Campanha e as análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Dietéticado Centro Universitário da Região da Campanha, Campus Bagé/RS.

Utilizou-se como critérios norteadores para a sensorial o teste afetivo quantitativo de aceitação com escala hedônica de 7 (sete) pontos em ordem crescente junto à escala de atitude ou de intenção de compra. Foi também utilizada escala linear não estruturada de 9 (nove) centímetros em ordem crescente para avaliar descritivamente a intensidade de cada atributo presente nos produtos.

A composição proximal foi determinada segundo a AOAC (2005). A capacidade antioxidante pelos métodos 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH) segundo Brand-Williams *et al.* (1995), 2,2´azino-bis-(3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfônico) (ABTS) segundo Re e Philip. (1999) e antocianinas totais segundo Abdel-Aal *et al.*, (2003).

Os valores atípicos (*outliers*) foram identificados com a plotagem dos resíduos estudentizados externamente (RStudent) *versus* valores preditos (variável Y) e também, pelo gráfico da Distância de Cook. A partir do RStudent, valores que se encontravam fora do intervalo -2 a 2 foram considerados*outliers* e suas observações correspondentes foramo removidas do banco de dados (ROUSSEEUW & LEROY, 1987; BARNETT & LEWIS, 1994). Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk; à homocedasticidade pelo teste de Hartley; e, a independência dos resíduos por análise gráfica. Posteriormente, sendo atendidos os pressupostos, os dados foram submetidos à análise de variância através do teste F ($p \leq 0,05$). Constatando-se significância estatística ao nível de 5 %, os efeitos dos tratamentos foram avaliados de acordo com oteste estatístico T ($p \leq 0,05$).

Os participantes da pesquisa assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que seguiu as normas regulamentadas para o desenvolvimento de pesquisa com seres humanos – Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, encaminhado e aprovado pelo CEP/URCAMP sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE): 97354918.8.0000.5340 e parecer número 2.879.078.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 expõe as composições proximais e valor calórico dos sorvetes.

Tabela 1 – Composições proximais e valores calóricos dos produtos desenvolvidos

Variáveis dependentes	Sorvete com leite bovino	Sorvete com leite caprino
Umidade (%)	78,69±0,03a[1/]	68,45±0,04b
Extrato seco total (%)	21,31±0,1a	31,55±0,03b
Proteína (%)	14,19±0,01b	15,34±0,2a
Lipídios totais (%)	6,84±0,01b	9,79±0,04a
Fibra total (%)	3,12±0,*2ns*	3,67±0,*04ns*
Conteúdo mineral total (%)	1,02±0,*04ns*	1,46±0,*1ns*
Carboidratos (%)	74,83±0,02a	69,74±0,01b
Kcal	417,64±0,*01ns*	428,43±0,*03ns*
Kj	1747,40±0,1b	1792,55±0,02a

[1/] Médias de três repetições acompanhadas de desvio padrão quando seguidas de *ns* na linha não diferem entre si pelo teste F (p≤0,05) e quando seguidos pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste T(p≤0,05).

No que diz respeito à composição proximal dos produtos desenvolvidos, verificou-se que ambos os sorvetes diferenciaram-se significativamente nas avaliações de umidade, extrato seco total, lipídios totais e carboidratos, sendo as maiores concentrações de umidade (78,69 %) e carboidratos (74,83 %) encontrados no sorvete com leite bovino fermentado apresentando diferenças de 10,24 % e 5,09 % respectivamente em relação ao outro produto. Já o sorvete com leite caprino fermentado obteve os maiores teores de extrato seco total (31,55 %) e lipídios totais 9,79 %, sendo 10,24 % e 2,95 %. Não foram observadas diferenças significativas em proteínas, fibras, conteúdo mineral total e Kcal dos sorvetes.

Santos *et al.* (2011) avaliaram físico-quimicamente e sensorialmente cinco preparações diferentes de queijo coalho produzido com leite caprino e bovino observando que o queijo feito com 100 % de leite bovino apresentaram 49,07 % de umidade, 50,93 % de extrato seco total, 25,66 % proteína e 24 % de lipídios. No que diz respeito a lipídios e estratos secos totais Pellegrini *et al.* (2012) verificaram o índice de 3,94 % de gorduras para o leite caprino, enquanto o leite bovino obteve o índice de 3,65 %, e o leite bovino obteve o total de 12,02 % de sólidos totais enquanto o leite

caprino11,63 %.

Mesmo sendo a maior dificuldade do estudo encontrar outras pesquisas semelhantes para comparação, foi possível relacionar com estudos que seguiram em algum ponto a linha estrutural deste. Demonstra-se em relação às adequações nutricionais que ambos os sorvetes caracterizam-se como produtos hipercalóricos, hiperglicídicos, normoproteicos e hipolipídicos.

A Tabela 2 apresenta a capacidade antioxidante obtida pelos métodos ABTS e DPPH e o teor de antocianinas totais de ambos os sorvetes.

Tabela 2 – Atividade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS e teores de antocianinas totais

Amostras	DPPH*	ABTS*	Antocianinas**
Sorvete com Leite bovino	96,31±0,03a	2,94 ±0,*01ns*	6,17±0,06a[1/]
Sorvete com Leite caprino	62,28±0,1b	2,12±0,*04ns*	5,43±0,02b

[1/]Médias de três repetições acompanhadas de desvio padrão quando seguidas de *ns* na coluna não diferem entre si pelo teste F (p≤0,05) e quando seguidos pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste T(p≤0,05).
* expresso em: μM Trolox.g^{-1} amostra
** expresso em: mg.100g^{-1} de matéria seca

Fonte: Os Autores.

Verificou-se que o sorvete com leite fermentado bovino apresentou os maiores valores no quese refere à atividade antioxidante pelo método DPPH e antocianinas totais, não sendo observadas diferenças significativas para atividade antioxidante pelo método ABTS nas duas formulações de sorvete.

Frauxes (2017) pesquisou extratos liofilizados e farinhas das cascas de jabuticaba e relatou índices de antocianinas de 180 mg/100g. A mesma autora identificou pelo método DPPH que as cascas liofilizadas da jabuticaba apresentaram maiores teores de redução do radical DPPH, obtendo o valor médio de redução de 554± 2,68μmol trolox/g, já pelo método ABTS, a casca de jabuticaba apresentou valores médios de 934±0,5μmol trolox/g.

Ferreira *et al.* (2018) formularam um bebida hidroeletrolítica à base de permeado de leite adicionado de extrato de antocianinas da cascada jabuticaba e realizaram análises de antocianinas totais e capacidade antioxidante pelos radicais ABTS e DPPH, os resultados obtidos no estudo foi de 15,98±1,16mg/L para antocianinas totais, pelo método ABTS foi encontrado o valor de 2,43±0,09μmol trolox/mL e pelo método DPPH o resultado obtido foi 2,72±0,116μmol trolox/mL. No estudo de Cadorin (2016) foi verificado o potencial do leite caprino na elaboração

de leite fermentado adicionados ou não de extrato liofilizado de estévia com ABTS de 3,89 ± 0,12μmoltrolox/g, já o leite fermentado caprino apresentou valor de 0,43 ± 0,05μmol trolox/g.

Observa-se que os resultados obtidos pelos produtos foram inferiores do que relatados nas literaturas científicas, muito em vista que a maioria dos compostos ricos em antocianinas e com atividade antioxidante são avaliados individualmente. Nota-se também que a manipulação feita paraо preparo dos sorvetes pode ter sido um dos fatores determinantes para os resultados podendo levar à alteração de certos nutrientes, gerando complexos entre nutrientes e substâncias presentes que possam levar a perdas nutricionais, ocasionando diminuição das propriedades funcionais.

O segundo momento da pesquisa consistiu nas avaliações sensoriais, seguidas das análises estatísticas.

Os produtos utilizados na pesquisa foram divididos em 100 amostras, sendo 50 % (n=50) de sorvete com leite fermentado bovino e 50 % (n=50) com leite fermentado caprino, sendo as amostras experimentais classificadas por 50 avaliadores treinados, sendo 80 % (n=40) do sexo feminino e 20 % (n=10) do sexo masculino.

Ao desenvolver um novo produto, um dos pontos fundamentais é avaliar sua aceitabilidade, a fim de predizer seu comportamento frente ao mercado consumidor (MOSCATTO *et al.,* 2004). Segundo Dutcosky (2013) um produto para ser considerado aceito em termos de propriedades sensoriais é necessário que obtenha um índice de aceitabilidade (IA) no mínimo de 70 %. Verifica-se que um produto com baixa aceitabilidade frente ao consumidor, torna-se financeiramente e socialmente inacessível por mais que o mesmo contenha propriedades funcionais excelentes, pois se sabe que um produto com baixa adesão a um público em geral acaba elevando o custo de produção fazendo com que o mesmo tenha um nicho de mercado especifico.

O Índice de Aceitabilidade (IA) dos atributos avaliados para ambas as amostras está exposto na Figura 1.

No que diz respeito à aceitabilidade do atributo sabor observou-se que o sorvete com fermentação em leite bovino apresentou índice de 73,43 %, enquanto o produto formulado com leite caprino fermentado alcançou 48,57 %, o que demostra uma variação de 25,16 % entre os dois sorvetes. Na pesquisa realizada por Sousa (2014) com diferentes formulações de queijo petit-suisse elaborado através de kefir de leite, goiaba e diferentes porcentagens de inulina, foram identificadosvariações

entre 62,1 % e 73,1 % no que diz respeito ao mesmo atributo avaliado. Já no trabalho realizado por Saito *et al.* (2013) a IA de um sorvete desenvolvido à base de kefir de leite bovino foi 79,33 % para o atributo sabor. Clementino *et al.* (2007) relataram aceitabilidade de 70,8 % em relação ao sabor para uma sobremesa aerada tipo mouse sabor cajá elaborada com leite caprino.

Verifica-se que as diferenças na aceitabilidade do sabor dos produtos utilizados no presente estudo é expressamente elevado, pois nota-se que o leite caprino apresenta um sabor forte mais característico e facilmente perceptível, muito relacionado com seu baixo consumo atual por hábitos culturais locais e pelo seu alto custo.

Em referência ao índice de aceitabilidade do atributo cor constatou-se que a formulação bovina obteve índice 13,71 % maior que o sorvete preparado com fermentado caprino, onde o mesmo atingiu 85,14 % de aceitabilidade enquanto o produto com leite caprino alcançou 71,43 %.

Em pesquisa realizada por Ferreira (2015) foi avaliado o I.A de formulações de bebidas lácteas sabor pitanga feitas através de leite bovino, em que foi verificado na análise do atributo cor IAs de 75,76 % e 78,11 %.

Observa-se que os produtos obtiveram bons IAs, porém verifica-se que o sorvete derivado de leite bovino recebeu maiores atribuições, mesmo sendo a produção e utilização dos ingredientes padronizados nas duas formulações. Este fato deve-se pela presença de compostos lipídicos com grande poder de oxidação no leite caprino, que após sua emulsificação e ação do calor no processo de manipulação promoveu oxidação trazendo ao produto uma tonalidade amarelada. Esta tendência de cor promove um escurecimento do produto o que pode determinar as preferências de escolha ou não.

Quanto à aceitabilidade do atributo aroma demostrou-se que o sorvete com leite fermentado bovino atingiu 71,43 % de IA, valor este 18 % maior do que o alcançado pelo sorvete de leite de cabra que apresentou 53,43 %.

No estudo realizado por Sperotto *et al.* (2017) que avaliou sensorialmente um queijo cremoso feito através de kefir de leite bovino, obteve-se um IA de 88,9 % para o atributo aroma. Na pesquisa de Saito *et al.* (2013) o sorvete feito através de leite fermentado de kefir demostrou 67,88 % de IA para este atributo. Já na pesquisa realizada por Silva *et al.* (2017) na qual 80 avaliadores verificaram a aceitabilidade de um queijo de cabra temperado com cachaça foi observado IA de 78,8 %.

Sabe-se que o aroma é um atributo relacionado ao gosto quando o produto é mastigado ou deglutido. Com isso, identifica-se que o gosto residual e o sabor mais forte do leite caprino fez que o sorvete com fermentado de leite de cabra obtivesse uma aceitabilidade menor em relação ao leite bovino, muito devido ao pouco hábito do consumo dos derivados caprinos.

Em relação ao IA do atributo odor identificou-se que o sorvete com fermentação em leite bovino alcançou 68 % de aceitabilidade enquanto o mesmo produto feito com leite caprino obteve 57,14 % de aceitabilidade, valor este 10,86 %.

Sousa (2014) avaliou sensorialmente no seu estudo queijos petit–suisse feito através de kefir, identificando IA do atributo odor variações entre 70,4 % e 75,7 %. De acordo com o estudo de Correia e Borges (2009) sobre o posicionamento do consumidor frente ao consumo de leite de cabra e seus derivados na cidade de Natal–RN, 84,2 % dos entrevistados relataram que o odor presente no leite caprino é um dos principais fatores relevantes na decisão de não comprar produtos derivados do mesmo.

Massart-Leen *et al.* (1981) relataram a presença de hexadecanoato de metila e de 9**- -** octadecanoato de metila na gordura de leite caprino, substâncias estas com propriedades odoríferas, já Jaubert *et al.* (1997) afirmam que o butanoato de etila e hexanoato de etila apresentam-se como compostos voláteis responsáveis pelo odor característico do leite caprino. De acordo com Queiroga *et al.* (2007) o odor é dado pela percepção de compostos voláteis pelos receptores olfativos, é uma sensação complexa, pois o olfato pode discriminar vários compostos. Sabendo isso demonstra-se que ambos produtos não obtiveram IA necessário para um produto ser aceito, sendo o leite caprino fermentado o que apresentou os valores mais baixos. Salienta-se também que devido às características físico-químicas e sensoriais distintas do leite caprino pode ter favorecido os baixos índices encontrados neste estudo.

No que se refere à aceitabilidade da textura dos produtos formulados, observou-se que o sorvete com base no leite bovino apresentou IA de 75,43 % enquanto o mesmo produto feito com o fermentado caprino alcançou 71,14 %, o que demostra uma variação entre ambos de apenas 4,29 %.

Já Sousa (2014) na sua pesquisa sobre diferentes formulações de queijos petit–suisse feito através de kefir verificou através IA entre 72,8 % e 77,7 % para o atributo textura. Silva *et al.* (2017) verificou que 91,3 % dos avaliadores afirmaram gostar da textura de queijo coalho de cabra temperado com cachaça.

No que diz respeito à aparência global dos sorvetes identificou-se que o produto com substrato fermentado em leite bovino obteve 84,29 % de IA, sendo 8,87 % maior do que o valor apresentado pelo produto feito através do leite caprino que alcançou 75,42 %.

No estudo de Sousa (2014) foi identificado pela avaliação da aparência global produtos com variação de IA de 69 % a 76,2 %. Já Sperotto *et al.* (2017) identificaram na sua pesquisa o I.A de 88,9 % da aparência global de um queijo cremoso feito com kefir e leite bovino. Já Silva *et al.* (2017) verificaram IA de 87,5, % para aparência global do seu queijo coalho experimental feito através de leite caprino e temperado com cachaça.

O sorvete à base de leite bovino apresentou maiores índices de aceitabilidade em todos os atributos avaliados, pois se verifica que o hábito do consumo mais regular e a maior gama de produtos que apresentam leite de vaca na sua composição favorece para uma escolha mais confiável ao produto. Já o leite caprino apresenta-se com índices menores de aceitabilidade muito devido a sua composição química que o desfavorece sensorialmente, pois nota-se que o seu sabor, aroma e odor podem ter influenciado nos resultados deste estudo.

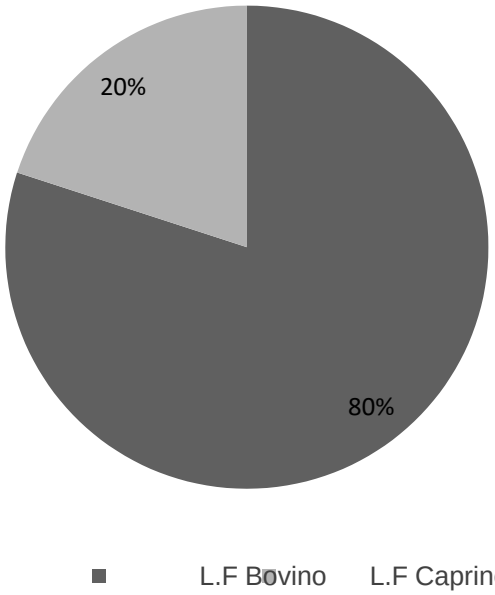
A intenção de compra dos produtos elaborados está exposta na Figura 2.

Em referência à intenção de compra dos produtos experimentais avaliados identificou**--**se que 32 % (n=16) dos avaliadores talvez comprassem o sorvete com leite fermentado bovino, seguindo respectivamente por provavelmente comprariam 16% (n=8). Em relação ao sorvete com leite fermentado caprino observa-se que 26 % (n=13) afirmaram que certamente não comprariam, enquanto 22 % (n=11) relataram que talvez comprassem o sorvete.

Ferreira (2015) avaliou a intenção de compra de uma bebida láctea feita através do soro do leite bovino e adição de diferentes concentrações de pitanga, observando que 48,48 % dos avaliadores talvez comprassem o produto formulado com 20 % de soro de leite e 4 % de fruto oligossacarideos e que 12,13 % jamais comprariam a referida bebida láctea. Já na pesquisa realizada por Shibata (2018) com formulações de um queijo coalho produzido a partir do leite caprino congelado, obteve-se variação 37,78 % a 78,89 % no que se refere a comprar os produtos, já no que diz respeito à indiferença de comprar ou não o produto foi identificado a variância de 14,44 % a 37,78 %, em referência a não comprar nenhum dos produtos relatado que ambos os produtos variaram entre 6,67 % a 24,44 % na avaliação de intenção de compra.

A preferência geral dos sorvetes em relação aos relatos dos avaliadores está exposto na Figura 3.

Figura 3 – Preferência geral dos avaliadores em relação aos produtos experimentais

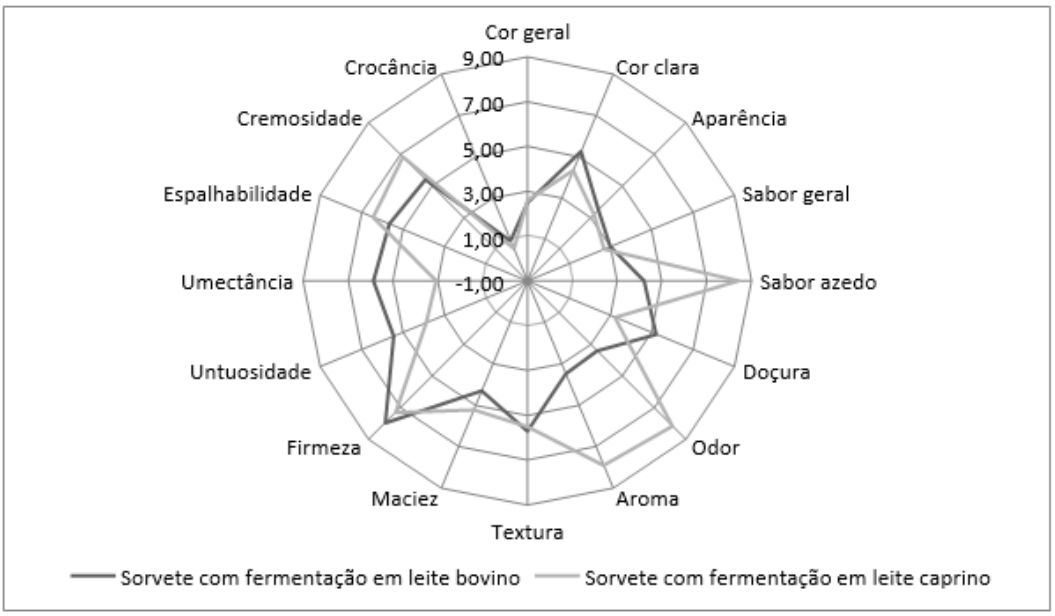


Legenda: L.F Bovino: Leite Fermentado Bovino; L.F Caprino: Leite Fermentado Caprino

No que corresponde à preferência geral dos avaliadores 80 % (n=40) relatou gostar mais do produto formulado com leite fermentado bovino. Demonstra-se ainda que o leite fermentado bovino independentemente de sua produção é mais consumido, geralmente o que favorece sua maior preferência em geral por parte da população consumidora.

A Figura 4 apresenta a os atributos avaliados através do teste de Análise Descritiva de Atributos.

Figura 4 – Radar comparativo entre sorvetes através do teste de análise descritiva de atributos



Fonte: Os Autores.

A Figura 4 expressa uma clara visão de que pela avaliação descritiva de atributos observou-se que as amostras apresentaram diferenças importantes, sendo verificadas amplas variações entre as amostras utilizadas no estudo.

Identifica-se que o sorvete formulado com leite bovino fermentado obteve as maiores atribuições no que se refere à coloração clara, doçura, firmeza, untuosidade e umectância, já o sorvete feito através do leite caprino fermentado apresentou como maiores valores o sabor azedo, odor, aroma, maciez, espalhabilidade e cremosidade, observa-se também que não houve diferença significativa entre os atributos coloração geral, sabor geral, textura e crocância. Verifica-se que os valores atribuídos na análise descritiva de atributos são reflexos das características físico-químicas eorganolépticas distintas de ambos os leites utilizados nos produtos, demonstrando assim a diferença dos resultados aqui relatados pelos avaliadores.

Logo, embora os dados apresentados pela escala hedônica demonstrem resultados que podem indicar a preferência do produto desenvolvido com leite bovino, a Figura 4 nos traz uma visão mais ampla dos parâmetros, mostrando que ambos os produtos poderiam ter potencial comercial.

Ressalta-se neste momento a necessidade de ações voltadas à educação nutricional e de estimulação ao consumo de novos produtos, promovendo assim a retomada da utilização da cultura de substratos por vezes estereotipados, porém, que

carregam grande valor nutricional.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que ambos sorvetes apresentaram caracterizações sensoriais distintas, muito em vista de os produtos serem feitos com ingredientes artesanais como kefir, mel silvestre e jabuticaba. Estes substratos ainda são pouco utilizados e difundidos na produção comercial de sorvetes o que pode resultar nos resultados aqui expostos.

Destaca-se ainda que as variações de aceitabilidade de cada atributo avaliado demonstram maior preferência de consumo em derivados de origem bovina, o que pode ser influência do hábito alimentar da população, pois a cultura brasileira evidencia uma diversidade de produtos e preparações que utilizam o leite bovino como ingrediente principal. Além disso, observa-se que o sorvete de leite caprino apresentou menor aceitabilidade sensorial devido às suas características próprias como sabor residual, odor e aroma marcante, sendo estes atributos que demonstraram os menores índices de aceitação verificados no estudo.

Observa-se também que as duas amostras avaliadas apresentaram composições proximais distintas, porem demonstra-se que ambas podem ser classificadas igualmente como um produto hipercalórico, hiperglicídico, normoproteico e hipolipídico. Dessa forma podem ser utilizadas como complemento em planos alimentares futuros que necessitem de acréscimo calórico, elevação de carboidratos e proteínas, além de ser uma forma mais natural e saudável de consumo de produtos que comumente são industrializados e ultraprocessados, ricos em aditivos alimentares e outras substâncias quimicamente modificadas para aumentar as características sensoriais e aceitabilidade de alimentos em geral.

No que tange à composição centesimal e bioativa, as alterações foram derivadas, sobretudo, dos processos tecnológicos de preparação, todavia, ainda trazem os produtos como importantes alimentos com valor nutricional agregado e capacidade antioxidante significante.

Destaca-se ainda que a utilização de produtos encontrados dentro do Bioma Pampa favorece o desenvolvimento rural e regional, em caráter financeiro, social e cultural, bem como também incentiva a produção, consumo e pesquisa de plantas, frutos e hortaliças presentes dentro desta vasta biodiversidade deste ecossistema.

REFERÊNCIAS

ABDEL-AAL, E. S. M.; HUCL, P. Composition and stability of anthocyanins in blue-grained wheat. Journal Agricultural Food Chemistry, v.51, p.2174- 2180, 2003; ABRAHAM, A.G.; DE ANTONI, G.L. Characterization of kefir grains grow in cow's milk and soyamilk. Journal of Dairy Research, v. 66, n. 2, p. 327-333, and 1999. Disponível me: <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online& aid=11539>.

ALVES, E.M. Identificação da flora e caracterização do mel orgânico de abelhas africanizadas das Ilhas Floresta e Laranjeira, do Alto Rio Paraná. 63 f. *Tese (Doutorado em Zootecnia)*– Universidade Estadual de Maringá, PR, 2008.

AHMED, Z.; WANG, Y.; AHMED, A.; KHAN, S.T.; NISA, M.; AHMAD, H.;AFREEN, A. Kefir and Health: A Contemporary Perspective. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 53, n. 5, p. 422-434, 2013.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC.Official methods of analysis. Arlington, 1995. 1141 p.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity.Lebensmittel-Wissenschaft&Technologie*,* v.28, p.25-30, 1995; CADORIN, V. O. Potencial do leite de cabra (*Capra aegagrus*) na elaboração de leite fermentado adicionado de extrato liofilizado de estévia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Trabalho de Conclusão de Curso em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2016.

CAVALVANTI, R. N.; VEGGI, P. C.; MEIRELES, M. A. A.. Supercritical fluid extraction with a modifier of antioxidant compounds from jabuticaba (Myrciaria cauliflora) by products: economic viability. Procedia Food Science, 2011.

CORREIA, R. T. P; BORGES, K. C. Posicionamento do consumidor frente ao consumo de leite de cabra e seus derivados na cidade de Natal – RN. Rev. Inst. Latic. Cândido Tostes, nº 36, 2009

CLEMENTINO, I . M.; NASCIMENTO, J.; CORREIA, R. T. P. . Sobremesa láctea aerada tipo mousse produzida a partir de leite caprino e frutas regionais. Publica. 2007.

DUTCOSKY, S, D. Análise sensorial de alimentos. Ed. Champagnat, 4 ed. rev. e ampl. 2013.

FERREIRA, T. A. Desenvolvimento de bebida láctea fermentada sabor pitanga *(Eugenia uniflora L.)* com características probióticas e simbiótica. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. 2015.

FERREIRA *et al.* Bebida hidroeletrolítica elaborada à base de permeado de leite adicionado de extrato de antocianinas da casca da jabuticaba. Arq. Bras. Alim.,

Recife-PE, v. 3, n. 1, p. 75-81, 2018.

FRAUXES, N. S. Efeito de extratos de jabuticaba, jamelão e jambo sobre linhagem de adenocarcinoma de cólon humano ht-29. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2017.

JAUBERT, G, BODIN, J. P, JAUBERT, A. Flavor of goat farm bulk milk. In: Morand-Fehr P, editor. Recent advances in goat research. Zaragoza: Ciheam-Iamz, 1997.

MASSART-LEEN, A. M; DE POOTER, H; DECLODT, M; SCHAMP, N. Composition and variability of the branched-Chain fatty acid fraction in the milk of goats and cows. Lipids. 1981.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

PELLEGRINI, L.G *et al.* Características físico-químicas de leite bovino, caprino e ovino. Synergismus scyentifica, UTFPR, Pato Branco - PR, 2012.

PEREIRA, F.M.; LOPES, M.T.R.; CAMARGO, R.C.R.; VILELA, S.L.O. *Produção de mel.* Embrapa Meio Norte, sistemas de produção, 3, Versão eletrônica, jul. 2003.

QUEIROGA, R.C.R.E.; COSTA, R.G.; BISCONTINI, T.M.B.; MEDEIROS, A.N.; MADRUGA, M.S.; SCHULER, A.R.P. Influência do manejo do rebanho, das condições higiênicas da ordenha e da fase de lactação na composição química do leite de cabras Saanen. Revista Brasileira de Zootecnia,v.36, n.2, p.430-437, 2007.

RE, R.; PHILIP, O. H. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.Free Radical Biology & Medicine, New York, v. 26, n. 9-10, p.123-127, 1999; REYNERTSON, K.A.; YANG, H.; JIANG, B.; BASILE, M.J.; KENNELLY, M.E.J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. *Food Chemistry*, v.109, p. 883-890, 2008.

SAITO, P. T.; KATSUDA, M. S., SAKANAKA, L.; UENO, C. T. Desenvolvimento de sorvete à base de concentrado proteico de soro fermentado do Kefir. Simpósio sobre Inovação da Indústria de Lácteos, ITAL. Campinas, 2013.

SANTOS, D. T.; VEGGI, P. C.; MEIRELES, M. A. A. Extraction of antioxidant compounds from Jabuticaba (Myrciaria cauliflora). Journal of Food Engineering, 2010.

SANTOS, B.M, OLIVEIRA, M.E.G, SOUSA, Y.R.F, MADUREIRA ,A.R.M.F.M, PINTADO, M, M, E, GOMES, A.M.P, et al. Caracterização físico-química e sensorial de queijo de coalho produzido com mistura de leite de cabra e de leite de vaca. Rev. Inst. Adolfo Lutz. São Paulo, 2011.

SILVA, V. B. da *et al.* Aceitabilidade e intenção de compra do queijo de coalho de cabra temperado com cachaça. Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v.

72, n. 3, 2017.

SOUSA, P.B, Queijo Petit – Suisse de Kefir sabor goiaba com inulina: Elaboração e avaliação físico-química, microbiológica e sensorial. Dissertação de Mestrado para graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos. Universidade Federal do Ceará, Limoeiro do Norte – CE,2014.

SHIBATA, L. W. Análise físico-química, microbiológica e sensorial do queijo coalho condimentado produzido a partir do leite caprino congelado. Trabalho de Conclusão de Curso em Zootecnia apresentado no Centro de Ciências Agrarias da Universidade Federal da Paraíba. Areia – PB, 2018.

SPEROTTO, L. *et al.* Desenvolvimento de queijo cremoso com kefir: Análises sensoriais e físico- químicas. Revista Eletrônica Biociências, Biotecnologia e Saúde, Curitiba, n. 18. 2017.

WORLD GASTROENTEROLOGY ORGANISATION (WGO), Diretrizes Mundiais da Organização Mundial de Gastroenterologia, 2011.

CAPÍTULO 18

O USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA PRODUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA, UMA REVISÃO

João Victor Almeida Soares
Graduando em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 3, Bairro Coração Eucarístico/Belo Horizonte/MG. Brasil
E-mail: joaovictorasoares@gmail.com

Loureando Rocha Moreira
Graduando em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 3, Bairro Coração Eucarístico/Belo Horizonte/MG. Brasil
E-mail: loureando@yahoo.com

Luan Martins Melo Rodrigues
Graduando em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 3, Bairro Coração Eucarístico/Belo Horizonte/MG. Brasil
E-mail: luanmmrodrigues@gmail.com

Rafaela Luiza Silva Batista
Graduanda em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 3, Bairro Coração Eucarístico/Belo Horizonte/MG. Brasil
E-mail: rafaelaluizasilva98@gmail.com

Thais Camila Teixeira Novais
Graduanda em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 3, Bairro Coração Eucarístico/Belo Horizonte/MG. Brasil
E-mail: thaiscnovais@gmail

Thais Rodrigues Dantas
Graduanda em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 3, BairroCoração Eucarístico/Belo Horizonte/MG. Brasil
E-mail: thais.rdantas@outlook.com

Bruno Christiano Silva Ferreira
Doutor em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais
Instituição: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - Departamento de Física e Química -Instituto de Ciências Exatas e Informática
Endereço: Av. Afonso Vaz de Melo, 1200 - Barreiro/Belo Horizonte/MG. Brasil.
E-mail: brunocrhis@yahoo.com.br

RESUMO: Este trabalho consiste em uma revisão de literatura permeando uma temática que vem sido discutida, amplamente, pelos diversos setores da construção civil. A gestão ambiental, no que tange o reuso de resíduos deste setor, tem se mostrado promissora e agrega valor os subprodutos gerados nesta nova cadeia produtiva. Assim, busca-se analisar estudos realizados sobre a substituição de agregados, tradicionais, por agregados gerados pelo reuso de Resíduos de Construção Civil (RCC) incorporados ao cimento, na produção do concreto para a fabricação de blocos de pavimentos intertravados. Esta estratégia, além de sustentável tem se mostrado como um desafio que melhora as propriedades físico mecânicas do concreto usado para a pavimentação intertravada. Pois reduz a exploração de matérias primas naturais e por consequência, a reintrodução de resíduos gerados pela própria construção civil, amplificando em muitos casos, a usabilidade deste tipo de pavimentação. Assim, almeja-se compreender melhor o desempenho dos RCC quando reincorporados na cadeia de produção deste tipode pavimento.

PALAVRAS-CHAVE: RCC; Pavimento intertravado; Resíduos; Substituição de agregados.

ABSTRACT: This work consists of a literature review permeating a theme that has been widely discussed by the various sectors of civil construction. Environmental management, regarding the reuse of waste in this sector, looks promising and adds value to the products generated in this new production. Thus, it seeks to analyze studies carried out on the replacement of traditional aggregates with aggregates generated by the reuse of Civil Construction Waste (CCW) incorporated into cement, in the production of concrete for the manufacture of interlocking pavement blocks. This strategy is very sustainable and improves the physical and mechanical properties of the concrete used for interlocking paving. It reduces the exploitation of natural materials and, consequently, the reintroduction of waste generated by the civil construction, amplifying, in many cases, the usability of this type of paving.

KEYWORDS: CCW; Interlocking pavement; Wastes; Replacement of aggregates.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Pinto *et al.* (2019), o setor da construção civil é o setor da economia que mais gera resíduos, e esse fato faz com que seja necessário uma maior preocupação e discussão de soluções para que o descarte destes resíduos seja feito da maneira mais correta possível e por consequências que hajasustentabilidade e consciência ambiental no seu reuso, fazendo com que esta problemática não atinja as futuras gerações (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Em muitos municípios brasileiros, principalmente nos grandes centros urbanos, o descarte irregular não ocorre apenas de pequenas reformas, mas também por parte de grandes construtoras do segmento de Construção civil. Comumente se vê descartes em locais públicos, e esta tem sido uma problemática de difícil combate. Sabe-se também que essa destinação ilegal de resíduos resulta em diversos impactos ambientais, como a obstrução de vias e logradouros públicos, proliferação de vetores, assoreamento de rios e córregos, poluição visual, além do aumento dos custos municipais coma limpeza urbana (KLEIN, 2017).

Para orientações de descarte e um correto gerenciamento, a CONAMA 307/2002 definiu a classificação de resíduos e o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), que quantifica o limite de geração de cada tipo de resíduo, e este documento deve ser usado na realização de construções, reformas, demolições, preparo e escavação de terrenos. Também tem como objetivo estabelecer os procedimentos adequados para a destinação dos resíduos gerados.

Segundo Zorzeto, tem-se como algumas das soluções para melhorar o atual panorama do descarte de resíduos, dentre elas se encontram, por exemplo, minimizar o consumo de recursos, que reduzirá consequentemente o transporte e extração de matéria prima, responsável por 80 % do consumode energia de uma construção, além disso, maximizar a reutilização de materiais, usar recursos recicláveis ou biodegradáveis, que possibilitem retornar ao ciclo de vida industrial. Além disso, é possível, também, buscar a durabilidade das edificações, com designs que permitam mudanças, sem executar reformar e gerar resíduos.

Nesse sentido, percebe-se que para a redução da geração de resíduos, tem-se diversos meios, pensando desde à sua fabricação e exploração da matéria prima até o seu descarte após o fim de sua utilização. A estratégia, então, é a reutilização destes resíduos na cadeia produtiva (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Essa estratégia,

por sua vez, é estruturada na utilização de restos de tijolos, argamassa, concreto, cerâmica, metais, entre outros. Estes materiais, em sua maioria, são inertes e de mais fácil incorporação nos elementos da construção civil, pois podem ser triturados e assim utilizados como agregados para concretos, argamassas, bases e sub-bases de pavimentos não estrutural, conseguindo cumprir suas funções (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Atualmente existem empresas que fazem reciclagem dos resíduos da construção civil e, em sua grande maioria, transformam esses resíduos em agregados que são incorporados novamente na cadeia produtiva da construção civil. Essas empresas não apenas fazem com que o material volte a ser usado, mas que não precisem fazer a extração da matéria prima novamente e o provável descarte do resíduo em um aterro (LEITE *et al.,* 2018).

Diante da facilidade de manutenção e suas inúmeras aplicações, a utilização de pavimentos intertravados vem se tornando cada vez mais comum ao longo dos últimos anos. Descoberta ocorreu após o ano de 1980, com o que gerou um crescimento das indústrias brasileiras voltadas ao negócio. Omaterial que antes era aplicado somente para efeitos arquitetônicos, agora será utilizado para qualquer tipo de pavimento (LEAL, 2018).

Os pavimentos intertravados destacam-se pela simplicidade no processo de construção e manutenção. Além disso pode ser observado a facilidade de estocagem, homogeneidade das peças, menor impermeabilidade do solo, uma opção intermediária entre o pavimento rígido (concreto) e o flexível (asfalto), assim ser tornando uma opção avaliativa e económica. Uma opção ecologicamente correta, aumentando a percolação da água no solo, diminuindo os riscos de enchentes e contribuindo com a recomposição das reservas subterrâneas de água (LEAL, 2018).

Este trabalho se propõe a uma revisão de literatura salientando as vantagens e as desvantagens da utilização de Resíduos da Construção Civil (RCC), no Brasil, para a fabricação do bloco para a pavimentação intertravada.

2. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, baseou-se na discussão de resultados apresentados em oito dos principais trabalhos acadêmicos Brasileiros, que tange este assunto. Com isso, comparou-se em tabelas os dados obtidos em cada um destes

trabalhos, as características dos blocos produzidos, os resultados dos ensaios, os tipos de resíduos de construção e de demolição, usando-os como parâmetro para sugerir e questionar a aplicabilidade deste tipo de ação sustentável para a problemática associada aos Resíduosde Construção Civil (RCC).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a composição dos corpos de prova dos trabalhos consultados, foram seguidos os parâmetros da norma, buscando atingir resultados consideráveis. Abaixo observa-se os principais deles a serem atingidos de acordo com as referências das normas.

Como ligante foram utilizados os cimentos Portland CP-I, CP-IV e CP-V, materiais provenientes da queima de argila e calcário seguindo parâmetros da ABNT NBR 12655/2015. Já os agregados utilizados passaram pelos ensaios de granulometria de acordo com a ABNT NBR NM 248/2003. No recolhimento do RCC utilizado, foram observados os parâmetros necessários da ABNTNBR 15112/2004. Em alguns dos estudos pesquisados foi utilizada areia reciclada, e foi necessário a comparação dos parâmetros dos agregados miúdos de acordo com a ABNT NBR NM 30/2001 e ABNTNBR NM 49/1987.

Na preparação, moldagem, identificação, cura e desmoldagem dos corpos de prova cilíndricos e prismáticos foram utilizados os parâmetros da ABNT NBR 5738/2015. Para obtenção do ensaio de slump do concreto foram seguidas as exigências da NBR NM 67/1998.

No ensaio de compreensão, os corpos foram devidamente preparados e levados à prensa de acordo com a ABNT NBR 5738/2007. Os resultados dos ensaios para utilização em pavimentos devem terresistência mínima de 35 MPa e absorção de água inferior a 6 % de acordo a ABNT NBR 9781/ 2013. Nos estudos analisados, os autores utilizaram diferentes materiais reaproveitados, como agregados, para a confecção dos corpos de prova. A tabela 1, mostra os materiais usados e seus percentuais equivalentes ao traço do concreto produzido, para que a comparação e apresentação dos resultados, seja a mais fidedigna possível.

Tabela 1 – Avaliação dos resultados

	Título	Autor	Materiais utilizados	Agregado substituído	Teor (%)	Traço
1	Peças Para Pavimento Intertravado De Concreto:Estudo De Viabilidade Técnica Na Incorporação De Agregado Reciclado	Leal (2018)	Cimento Portland (CPV-ARI); Agregados convencionais; Aditivo; Areia reciclada de resíduo cinza.	Agregado miúdo	10, 20 e 30	1: 3,18: 2,70: 1,33 a/c= 0,62 1% de aditivo superplastificante
2	Desempenho Técnico De Blocos De Concreto Para Pavimento Intertravado Com Resíduo De Contrução E Demolição	Köhler (2013)	Cimento Portland (CPV-ARI); Agregados convencionais; Areia recicladade resíduo vermelho.	Agregado miúdo	25, 50, 75 e 100	1: 1,74: 2,15 a/c= 0,51
3	Análise Do Desempenho De Pisos Táteis, Intertravados, Produzidos Com AgregadosDe Resíduos de Construção – Rcc E Fibras de Aço.	Santos (2014)	Cimento Portland (CPV-ARI); Agregados convencionais; Aditivo; Areia reciclada de resíduo cinza; Fibras de aço.	Agregado miúdo	15, 20, 25 e 50	1: 0,77: 2,33: 1,11 40 kg/m³ de fibras de aço a/c= 0,43 1% de aditivo superplastificante
4	Pavimentos Intertravados De Concreto Fabricados Com Utilização De Resíduos De Construção E Demolição (RCD)	Soares *et al.* (2009)	Cimento Portland (CPI-32); Agregados Convencionais; Agregado miúdo de concreto reciclado.	Agregado miúdo	25 e 50	25% de resíduo 1: 1,36: 2,55 a/c=0,4550 % de resíduo 1: 0,91:2,55 a/c=0,91
5	A Utilização De Resíduos Da Construção Civil E Demolição – RCD – Como Agregado Para O Concreto.	Fernandes (2015)	Cimento Portland (CPV-ARI); Agregados convencionais; Aditivo; Britade RCD.	Agregado graúdo	25, 50, 75 e 100	1: 2,59: 2,71 a/c= 0,59 1,5 % de aditivo superplastificante
6	Contribuição Ao Estudo De Resíduos De Construção E Demolição (RCD) VisandoÀ	Brotti (2014)	Cimento Portland (CPV-ARI); Aditivo incorporador de ar (MICROAIR EC); Agregados	Agregado miúdo	20, 40, 60, 80 e 100	1: 5,03: 1,26 a/c= 0,46 a 0,50 variando deacordo com aadição de resíduo 0,35%

	Fabricação De Peças De Pavimentação		convencionais; Areia reciclada.			de aditivo incorporador de ar
7	Avaliação De Blocos Intertravados Com Agregados Reciclados Provenientes De Resíduos De Construção E Demolição De Obras Do Município De Natal/RN	Pedernei ras (2017)	Cimento Portland (CPII-Z-RS), Agregados convencionais; Aditivo líquido de alto desempenho (Sika Paver HC10); Areia reciclada de RCD; Brita reciclada de RCD.	Agregado miúdo e graúdo	100	1: 6: 2 a/c= 0,4
8	Avaliação De Blocos De Concreto Para Pavimentação Produzidos Com Resíduo De ConstrucãoE Demolição do Muninccípio de Jurandá / PR	Amadei (2011)	Cimento Portland (CPV-ARI); Agregados Convencionais; Areia Reciclada de RCD.	Agregado miúdo	25, 30, 35, 40, 45 e 50	1: 2,65: 1,35:a/c= 0,32 a 0,4variando de acordo com a adiçãode resíduo

Fonte: Autores, 2020.

3.1 Avaliação dos materiais utilizados

O concreto convencional é composto por cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água, pode-se utilizar ainda, aditivos para melhorar as características destes materiais como a trabalhabilidade e retardar o tempo de cura. Os agregados mais utilizados são a areia natural e a brita gnaisse. Nos trabalhos estudados, os agregados tradicionais foram substituídos, em sua totalidade ou parcialmente, por outros materiais classificados como RCC.

O estudo 1 utilizou para confecção do concreto, areia natural e reciclada; pó de pedra; pedrisco, além de água, aditivo e cimento Portland. Já os estudos 2, 4 e 8 utilizaram os mesmos materiais do estudo 1, com exceção do aditivo e do pó de pedra. No estudo 3, além dos materiais utilizados no estudo1, também foram adicionadas fibras de aço. No estudo 5 utilizaram areia natural, brita natural e reciclada, além de água e cimento Portland. Já no estudo 6, utilizaram areia natural e reciclada, brita natural, além de água, cimento Portland e aditivo incorporador de ar. Poe fim no 7,

além dos materiais utilizados no estudo 5, também foram utilizados areia reciclada e aditivo.

O cimento Portland foi usado nos oito trabalhos analisados. Apesar de serem de tempos de cura e tipos diferentes, após a cura exigida por cada um, todos estes cimentos devem atingir no mínimo 32 MPa de resistência à compressão, segundo à ABNT NBR 16697/2018. Ademais, todos os estudos utilizaram agregados convencionais, descritos como miúdos e graúdos, que correspondem a utilizaçãode areia natural, brita ou pedrisco e pó de pedra, obedecendo à ABNT NBR 7211/2005. No entanto, os estudos 1 e 3 foram os únicos que optaram pela utilização do pó de pedra, empregado na produção de peças vibro prensadas com objetivo de atingir uma alta resistência. Apesar do uso do mesmo agregado, ambos não usaram o mesmo traço, assim o estudo 3, obteve melhores resultados.

3.2. Avaliação dos agregados substituídos e teores de substituição

Os corpos de prova confeccionados em cada estudo contêm diferentes materiais reaproveitados, conforme pode ser visto na tabela 1. Os trabalhos estudados, propuseram diversos teores de substituição para que esses materiais fossem inseridos na confecção das pavimentações intertravadas. Para cada estudo, foi levado em consideração os resíduos de acordo com a região e disponibilidade do material. De forma geral, a escolha foi feita pensada no resíduo com maior produção nas construções civis. Para essa escolha, não é definido por norma o material específico para alteração dos agregados.

Em cada estudo, foi considerado a troca do resíduo que para aquele, seria de melhor desempenho, nos estudos 5 e 7, avaliou-se a necessidade de substituir o agregado graúdo pela brita reciclada de Resíduos da Construção e Demolição (RCD), sendo que no estudo 7 foi feita a avaliação substituindo também, o agregado miúdo e ambos em um mesmo experimento, nos demais estudos apenas o agregado miúdo foi alterado pelo resíduo reciclado.

Os percentuais de substituição não são fixados em todos os estudos, pois cada autor considera um fator para estabelecer a quantidade de resíduo a ser utilizado. Estabelecer um percentual padrão, os restringiria a valores específicos, não podendo abranger o conhecimento para demais quantidades e talvez, impossibilitando saber

qual o mais adequado, levando em consideração fato de serem experimentos em análise. Para estes estudos, os teores variaram muito, e entre eles o que teve menor quantidade substituída foi o “Peças Para Pavimento Intertravado De Concreto: Estudo De Viabilidade Técnica Na Incorporação De Agregado Reciclado” de Leal em 2018, que em um dos testes, foi trocado apenas 10 % do agregado natural pelo reciclado. Essas variações foram de 10 % até 100 % em alguns estudos, onde foi substituído todo o material natural pelo resíduo para avaliá-los.

Sabe-se que a quantidade de resíduo s utilizados e o tipo de resíduo utilizado causa uma influência considerável na relação água/cimento do concreto. Quanto mais material reciclado, maior a quantidade de água a ser colocada para garantir a trabalhabilidade. Contudo, esse aumento de água na mistura do concreto, influencia na resistência final do bloco, o que pode explicar a relação entre os pavimentos com menos alteração do agregado natural para o resíduo serem mais resistentes, pois também a quantidade de água adicionada foi menor nesses casos.

3.3 Avaliação dos traços adotados

Os traços de cada estudo foram escolhidos pelos próprios autores e utilizaram a proporção em volume, conforme mostra a tabela 1. Foram selecionados alguns métodos distintos de dosagem com o intuito de verificar a aplicabilidade e o desempenho, que está ligado diretamente à resistência do produto final, dos pavimentos intertravados na área da construção civil. O trabalho 3 escolheu, criteriosamente, o seu traço para atingir uma resistência superior a 50 MPa. Isto representa um grande diferencial em detrimento aos outros trabalhos, que buscaram traços para atingir 35 MPa.

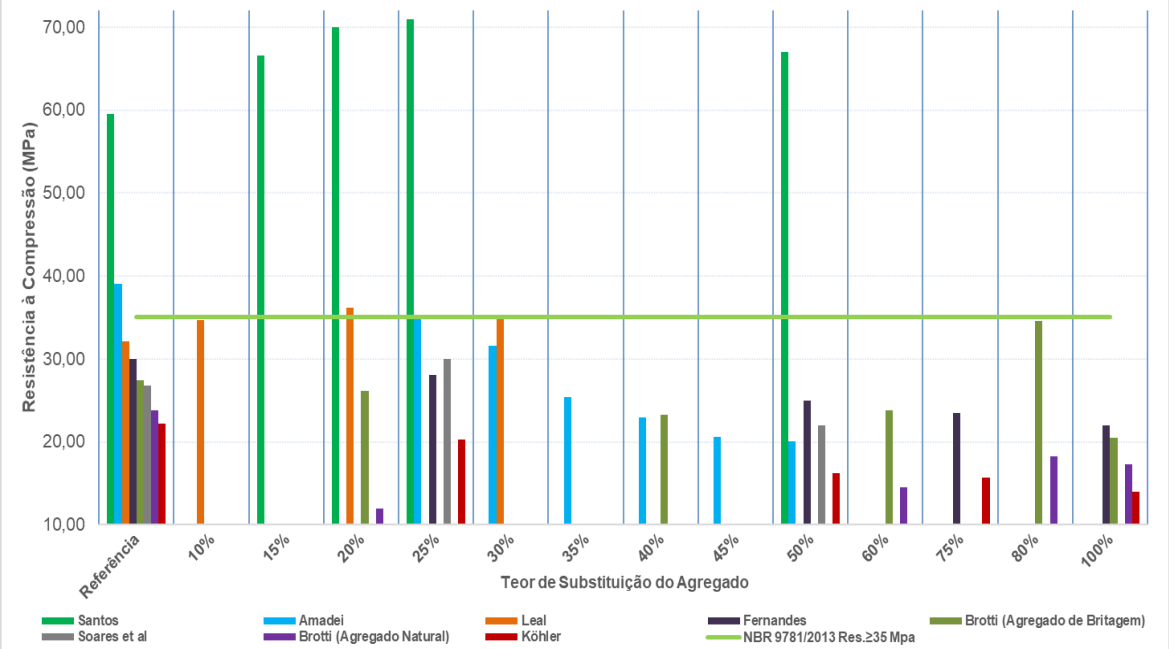
Este estudo utilizou como referência 50 MPa, visando a utilização do pavimento para tráfego de veículos comerciais de linha, pesado, de acordo com a ABNT NBR 9781 (2013). Nos estudos restantes, foi utilizada a referência de 35 MPa para utilização de tráfego de pedestres e veículos leves, com base na mesma norma. A relação de água/cimento (a/c) varia de acordo com a quantidade de material utilizado em cada experimento, pois a quantidade de resíduos utilizados influencia diretamente na absorção de água, sendo necessário então, diferentes dosagens de água em cada traço utilizado (AMADEI, 2011).

3.4. Avaliação da resistência à compressão e da absorção de água

A resistência à compressão do concreto gerado é uma das partes mais importantes a ser avaliada, sabendo que a resistência é o quanto o material suporta sem que haja sua ruptura, juntamente com a absorção de água do concreto que também influencia na resistência e resistividade elétrica.

No gráfico 1 e 2 foram organizados os resultados de resistência à compressão e absorção de água aos 28 dias, respectivamente, para facilitar a visualização e comparação entre eles.

Gráfico 1 – Resistência à compressão aos 28 dias



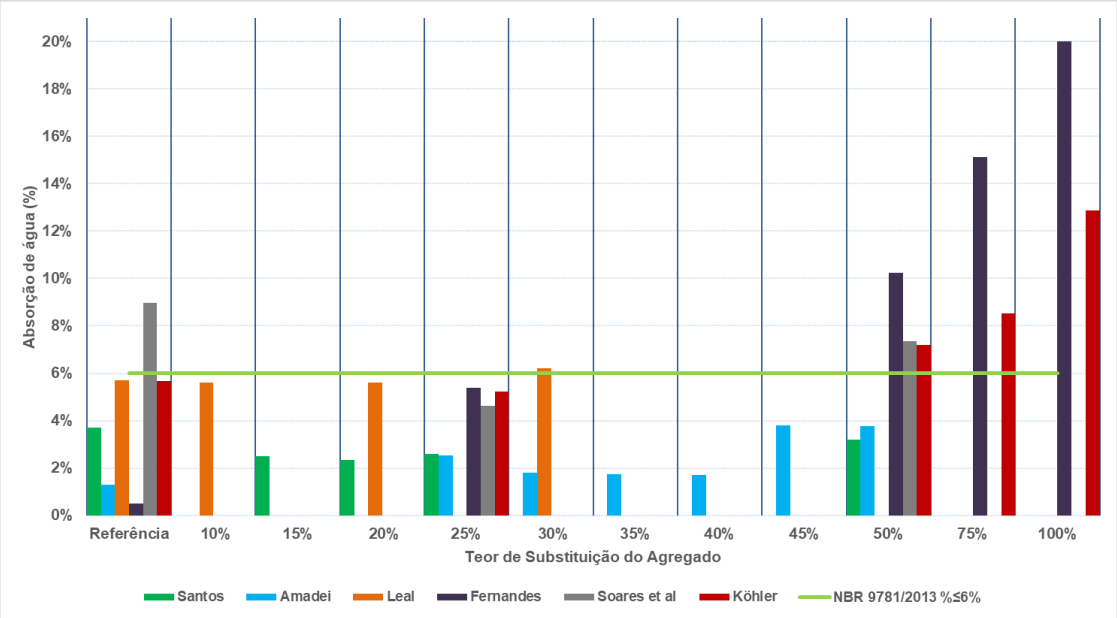
Fonte: Autores, 2020.

Santos (2014), utilizou fck de 50 MPa como referência, seguindo os padrões da ABNT NBR 9781 (2013), conforme o gráfico 1 pode-se observar que todos os corpos de prova deste trabalho obtiveram resistência à compressão superior ao mínimo exigido, porém, os corpos de prova com adição de 25 % do resíduo apresentaram melhores resultados.

Soares *et al.* (2009), optou por utilizar um traço considerando uma referência uma resistência de 25 MPa, de acordo cos os valores apresentados no gráfico 1 pode-se perceber que para 25 % de substituição encontrou-se melhores resultados. Os demais trabalhos adotaram um f_{ck} de referência de 35 MPa e como pode ser

observado no gráfico 1, apenas corpos de prova com substituição de 20 % do agregado, no trabalho realizado por Leal (2018), e com substituição de 25 %, segundo Amedei (2011), atingiram resistência igual ou superior ao mínimo determinado. Embora os trabalhos não tenham atingido a resistência mínima, os materiais produzidos com os traços utilizados podem sem empregados em áreas menos nobres, como calçadas.

Gráfico 2 – Absorção de água aos 28 dias



Fonte: Autores, 2020.

No gráfico 2 são apresentados os resultados dos ensaios de absorção de água, é possível perceber que todos os corpos de prova de Santos (2014) e Amadei (2011) atenderam ao exigido pela ABNT NBR 9781 (2013). Pode-se observar ainda, que com o aumento do teor de substituição há também o aumento na absorção de água devido ao maior grau de hidratação do resíduo quando comparado ao agregado natural.

Diante do exposto, foi visto que o trabalho 3 “Análise Do Desempenho De Pisos Táteis, Intertravados, Produzidos Com Agregados De Resíduos De Construção Civil – RCC E Fibras De Aço“, escrito por Santos (2014) foi o que apresentou melhores resultados em relação ao estudado. Um fato importante deste estudo, foi porque ele é o único que além da substituição do agregado por RCC, também foi adicionado fibras de aço, que foi um fator determinante para o aumento da resistência do bloco intertravado.

Diante dos resultados apresentados é possível constatar que a substituição

parcial dos agregados por RCC para a fabricação de peças para pavimento intertravado é palpável, visto que esta substituição trouxe resultados aceitáveis impostos nas normas vigentes. O teor de substituição mais adequado foi ode 25 % de acordo com os trabalhos apresentados, mesmo para aqueles que não obtiveram a resistência de 35 MPa.

A extração de areia e pedra britada é considerada como atividade minerária, a qual é responsável por vários impactos ambientais negativos, como a contaminação do lençol freático e aprofundamento do leito de rios (VIEIRA; REZENDE, 2015). O uso do RCC propõe reduzir o volume de extração dos agregados, principalmente o miúdo, reduzindo assim os impactos causados por essa atividade. Além disso, este material apresenta menor custo, quando comparado aos agregados naturais.

A prática não foi implementada em nenhum dos trabalhos estudados, em alguns isso pode ser justificado pelo fato de não terem atingido a resistência mínima imposta pela ABNT NBR 9871 (2013).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs a fazer a análise criteriosa dos resultados obtidos em oito trabalhos acadêmicos relevantes, referentes à substituição de algum dos agregados para confecção do concreto do pavimento intertravado, no qual foi incorporado resíduos da construção e da demolição.

Nos estudos analisados, a grande prioridade foi a diminuição dos impactos gerados com a extração de matéria prima para a produção do concreto para os pavimentos intertravados. A então, proposta de criar um material de forma sustentável, diminuindo o descarte de resíduo e inserindo-o novamente ao ciclo de produção pode-se então, ser considerada uma considerável ideia promissora. Contudo, a dificuldade de capacitar o uso de um novo material, com propriedades recicladas é notável, considerando a cultura do país, onde o lixo se torna apenas lixo e deixa de ter valor para sociedade, de forma geral.

Ao executar esta revisão de literatura foi visto que, no geral, a adição de resíduos na composição do concreto influencia diretamente na quantidade de água a ser adicionada na massa, para garantir a trabalhabilidade. Portanto, devido a esse aumento de água, a resistência do concreto tende a diminuir. Além disso, percebe-se que o percentual de adição do resíduo é variável em cada estudo, o que dificulta uma

padronização de possível sugestão para uma produção em grande escala do pavimento, aqui estudado. Nos trabalhos vistos, nem sempre o mesmo percentual de substituição garantiu o melhor resultado, isso se dá ao fato de além dos pontos já citados, a qualidade do resíduo em diferentes locais ser influenciada de acordo com o ambiente em que foi retirada.

Em todos os trabalhos aqui relatados, houve algum em que o teor de substituição que se destacou por suas propriedades de resistência e/ou abrasão, isso quando considerando o padrões exigido pela norma vigente. Para que seja possível o desenvolvimento de blocos com substituição de agregados por RCC ou RCD, é necessário que mais estudos sejam realizados, a fim de definir um teor padrão e por consequência, possibilitar uma produção em massa, de acordo com os parâmetros necessários. Também, recomenda-se fortemente, que sejam realizados aprofundamentos para estimar a melhor possibilidade de substituição, se por agregado graúdo ou miúdo, ou classes de resíduos facilitando a obtenção do padrão de um teor e tipo de substituição determinando o resíduo ideal, tipos de aditivos e quantidade de água a serem incorporados no concreto e por consequência, a produção de pavimentos intertravado sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AMADEI, Daysa Ione Braga. **Avaliação De Blocos De Concreto Para Pavimentação Produzidos Com Resíduos De Construção E Demolição Do Município De Juranda/Pr**. 2011. 153 f. Dissertação(Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655:** Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15112:** Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação, Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211:** Agregado para concreto - Especificação, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248:** Agregados - Determinação da composição granulométrica, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9781:** Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 21 p.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI. **Revista Cerâmica**, São Paulo, v. 61, no.358, p. 178-189. 2015.

BROTTI, Ruan Carlos Wessler. **Contribuição ao estudo de resíduos de construção e demolição (RCD) visando à fabricação de peças de pavimentação**. 2014. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de Engenharia Curso de Engenharia, Pato Branco, 2014.

FERNANDES, Bruna Cristina Mirandola. **A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – RCD – COMO AGREGADO PARA O CONCRETO.** 2015. 68 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Formiga – Unifor -MG, Formiga, 2015.

KÖHLER, Lucas Guilherme. **Desempenho técnico de blocos de concreto para pavimento intertravado com resíduo de construção e demolição**. Alegrete: Universidade Federal do Pampa, 2013.

LEAL, Cleber Eduardo Fernandes. Pecasse para pavimento intertravado de concreto: **estudo de viabilidade técnica na incorporação de agregado reciclado**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2018.

LEITE, Izabella Caroline de Almeida; DAMASCENO, João Luís Corrêa; REIS, Alexandre Magrinelidos; ALVIM, Mariana. **Gestão de resíduos na construção civil:**

um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana. Revista Eletrônica de Engenharia Civil. v. 14 – n° 1, p, 159-175. 2018.

PINTO, R. B, FABRÍCIO, E. P., BRUM, N., KOHLER, F. A; **Resíduos da Construção Civil: matéria prima verde a ser investigada, Brazilian Journal of Development,,** v. 5, n. 2, p. 1339-1351, 2019.

PEDERNEIRAS, Cinthia Maia. **Avaliação de Blocos Intertravados com Agregados Reciclados Provenientes de Resíduos de Construção e Demolição de Obras do Município de Natal/RN**. 2017.118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

SANTOS, Vânia Regina Ferreira dos. **Análise do desempenho de pisos táteis, intertravados, produzidos com agregados de resíduos de construção civil – RCC e fibras de aço**. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas, 2014.

VIEIRA, Eriton Geraldo; REZENDE, Elcio Nacur. **Exploração Mineral de Areia e um Meio Ambiente Ecologicamente Equilibrado: É possível conciliar?.** Sustentabilidade em Debate, Brasília, v. 6, n. 2, p. 171-192, maio/ago 2015.

CAPÍTULO 19

MELHORES PRÁTICAS W3C APLICADAS AO MODELO DE CICLO DE VIDA DE DADOS ABERTOS CONECTADOS

Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO, Departamento de Ciência da Computação - Guarapuava/PR

Luiz Eduardo Chicouski da Cruz
Graduado em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO
Instituição: Universidade Estadual do Centro-Oeste -UNICENTRO
Endereço: Rua Simeão Varela de Sá, 03, Guarapuava/PR, Brasil
E-mail: luizeduardo2607@gmail.com

Josiane Michalak Hauagge Dall'Agnol
Doutora em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
Instituição: Universidade Estadual do Centro-Oeste -UNICENTRO
Endereço: Rua Simeão Varela de Sá, 03, Guarapuava/PR, Brasil
E-mail: jhauagge@unicentro.br

Lucélia de Souza
Doutora em Informática pela Universidade Federal do Paraná - UFPR
Instituição: Universidade Estadual do Centro-Oeste -UNICENTRO
Endereço: Rua Simeão Varela de Sá, 03, Guarapuava/PR, Brasil
E-mail: lucelia@unicentro.br

Gisane Aparecida Michelon
Doutora em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR
Instituição: Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO
Endereço: Rua Simeão Varela de Sá, 03, Guarapuava/PR, Brasil
E-mail:gisane@unicentro.br

RESUMO: Grandes quantidades de dados são produzidas diariamente em todo o mundo, armazenadas em diversos formatos e abrangendo inúmeros assuntos e áreas do conhecimento. Para que esses dados possam ser publicados, acessados e utilizados pelas pessoas, organizações e máquinas surgiu o conceito de Web Semântica e de Dados Abertos Conectados. Nesse contexto foram criadas Metodologias e Melhores Práticas para publicação e uso de Dados Abertos Conectados. Neste trabalho foi utilizado o Modelo de Ciclo de Vida de Dados Abertos Conectados para o desenvolvimento de um estudo de caso para publicação de um conjunto de Dados Governamentais Abertos Conectados, bem como foram aplicadas algumas Melhores Práticas do Consórcio W3C em todo o processo de preparação e publicação dos dados. Dessa forma, contribui-se com o estado da arte, no sentido de prover os benefícios obtidos pela aplicação de melhores práticas para publicação e uso dos dados, facilitando a interação entre publicadores e consumidores.

PALAVRAS-CHAVE: Web Semântica; DWBP; W3C; Dados Abertos Governamentais; Dados Educacionais.

ABSTRACT: Large amounts of data are produced daily around the world, stored in different formats and covering numerous formats and knowledge areas. In order to this data to be published, accessed and used by people, associations and machines, the concept of Semantic Web and Linked Open Data emerged. In this context, Methodologies and Best Practices were created for publication and use of Linked Open Data. In this work, A Lifecycle Model for Linked Open Data was used to develop a case study for publishing a set of Linked Open Government Data, and some Best Practices of the W3C Consortium were applied throughout the process of preparing and publishing the data. Thus, it contributes to the state of the art, in order to provide the benefits obtained by applying best practices for publishing and using data, facilitating an interaction between publishers and consumers.

KEY-WORDS: Semantic Web; DWBP; W3C; Open Government Data; Educational Data.

1. INTRODUÇÃO

Grandes quantidades de dados estão disponíveis na web, nos mais diversos formatos. Entretanto o uso efetivo dos mesmos acaba não acontecendo pela dificuldade em encontrá-los e pela forma como eles são oferecidos. Por exemplo, em formatos legíveis apenas por humanos, em documentos não estruturados ou em arquivos usados em programas proprietários, dificultando o processamento de grandes massas de dados (BERNERS-LEE, 2006).

Por isso é necessário que os dados sejam disponibilizados em formatos padrão, acessíveis e gerenciáveis por ferramentas computacionais. Nesse sentido, desde 2001, Tim Berners-Lee *et al.* (2001) propuseram a criação da Web Semântica adicionando um novo significado à Web de Dados tradicional permitindo a troca de informações entre seres humanos e máquinas.

A construção da Web Semântica é relacionada principalmente à atribuição de duas características aos dados. Uma das características se refere à disponibilização dos dados de forma aberta, ou seja, quando os dados podem ser livremente acessados, usados, modificados e compartilhados para qualquer propósito, sendo necessário apenas creditar a sua autoria e compartilhá-los pelo mesmo tipo de licença. Outra característica trata da criação de ligações entre os dados que estão disponíveis para uso, produzindo os chamados Dados Conectados, os quais permitem que pessoas ou máquinas possam explorar dados na web. Assim, quando se tem um dado conectado é possível encontrar outros dados a ele relacionados, ampliando sua contextualização. Os dados que incorporam essas duas características são conhecidos como Dados Abertos Conectados (*Linked Open Data* – LOD).

Para a criação e publicação de LOD foram desenvolvidas diversas metodologias direcionadas para ambientes governamentais e/ou institucionais. Também o *World Wide Web Consortium (*W3C[1]), um dos principais órgãos internacionais que desenvolve padrões para a web, propõe um conjunto de Melhores Práticas para Dados na Web (*Data on the Web Best Practices* - DWBPs), projetadas para ajudar a suportar um ecossistema autossustentável (LÓSCIO; BURLE; CALEGARI; 2017).

[1] Disponível em: <http://www.w3c.br/Sobre/>

Entretanto as metodologias para criar e publicar LOD, disponíveis atualmente, não contemplam a maioria das DWBPs do W3C, podendo nesse sentido, dificultar a superação de alguns dos desafios enfrentados ao consumir ou publicar dados na web.

Nesse sentido, esta pesquisa apresenta a aplicação do Modelo de Ciclo de Vida de Dados Abertos Conectados (BROEK; VEENSTRA; FOLMER, 2014) no desenvolvimento de um estudo de caso para extrair, transformar e armazenar um conjunto de Dados Governamentais, inserindo a aplicação das DWBPs do Consórcio W3C em todo o processo de preparação e publicação dos dados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são apresentadas as ferramentas que subsidiaram o desenvolvimento deste trabalho e a metodologia selecionada para a realização do estudo de caso desenvolvido.

2.1 Ferramentas

LODRefine

A ferramenta LODRefine[2] é uma versão da OpenRefine[3] desenvolvida especialmente para trabalhar com Dados Abertos Conectados. É utilizada para tratar e corrigir dados desorganizados e/ou inconsistentes, apresentando-os em uma forma de planilha. Os dados podem ser carregados de diferentes fontes, como arquivos CSV, arquivos de texto, MARC, arquivos Excel (.xls), Libre Office Calc (.ods), XML, RDF, JSON, entre outros formatos. Apesar de possuir poderosos recursos de exploração e limpeza de dados, não trabalha muito bem com inserção de novos registros (VERBORGH; DE WILDE, 2013). Possui uma interface gráfica para realizar a modelagem do conjunto de dados, gerar e exportar os dados em formato RDF, prontos para serem utilizados.

[2] Disponível em: <https://github.com/sparkica/LODRefine>
[3] Disponível em: <http://openrefine.org/>

IBM SPSS Statistics

IBM SPSS Statistics[4] é um software de apoio à tomada de decisão que inclui: aplicação analítica, mineração de dados, mineração de texto e estatísticas que transformam os dados em informações importantes, sendo comumente usado para realizar pesquisa de mercado e predição de comportamentos sobre dados financeiros. Com SPSS é possível executar funções estatísticas descritivas, regressão, estatísticas avançadas, criação de gráficos, tabelas e árvores de decisão (IBM, 2019). É muito utilizado também pela capacidade de trabalhar com bases de dados de grande dimensão.

SPARQL

SPARQL é uma linguagem de consulta para RDF, utilizada para realizar requisições e recuperação das informações disponíveis como Dados Abertos Conectados, assim como estabelece o padrão para manipular e salvar os arquivos no formato RDF. As consultas são realizadas por meio de correspondência, seguindo o padrão de triplas e permitem ao usuário fixar uma ou mais características, gerando como resultado o conjunto de elementos que cumpre o padrão especificado (DUCHARME, 2013).

Limes

O LIMES[5] é um *framework* de descoberta de *links* para a Web de Dados, que implementa abordagens eficientes para realizar a descoberta de ligações em larga escala, com base nas características dos espaços métricos. LIMES utiliza um arquivo de configurações, no qual são especificados alguns parâmetros, assim como os dois grafos que serão relacionados (um grafo de origem e outro de destino).

[4] Disponível em: <https://www.ibm.com/products/spss-statistics/details>
[5] Disponível em: <http://aksw.org/Projects/LIMES.html>

OpenLink Virtuoso

OpenLink Virtuoso[6] é um servidor universal multimodelos, *multithread,* que permite o uso de múltiplos protocolos, compatíveis com o padrão ACID de Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados, usado para armazenar e realizar consultas em dados RDF.

O OpenLink Virtuoso pode ser utilizado como um servidor de aplicações para serviços web e oferece uma interface web para consultas em SPARQL. Ele é distribuído em duas versões: uma versão comercial e uma versão gratuita com código aberto. A versão gratuita apresenta as mesmas funcionalidades da versão comercial, exceto nas funcionalidades de replicação de dados e no motor de base de dados virtual (Openlink Software, 2017).

Linked Open Vocabularies - LOV

O LOV[7] é um catálogo de vocabulários disponíveis para reutilização, com o objetivo de descrever dados. LOV coleta metadados e torna indicadores visíveis, como: a conexão entre diferentes vocabulários, histórico de versões, políticas de manutenção, além de referências anteriores e atuais (tanto para indivíduos quanto para organizações). O principal objetivo do LOV é apoiar os editores de Dados Abertos Conectados e vocabulários a avaliar os recursos (vocabulários, classes, propriedades e agentes) já disponíveis e, assim, promover uma maior reutilização, além de fornecer uma maneira de editores adicionar suas próprias criações (GESING *et al.,* 2012).

2.2 Esquema de Classificação 5 Estrelas

Foi criado por Tim Berners-Lee (2006) com a finalidade de avaliar o grau de reusabilidade e interoperabilidade dos dados disponibilizados na web, indicando o grau de abertura dos dados, sendo uma pontuação acumulativa, ou seja, para alcançar determinada estrela, precisa necessariamente ter alcançado a anterior:

- 1 Estrela: dados disponibilizados na web com licença aberta.
- 2 Estrelas: dados disponibilizados de forma estruturada, legíveis por máquinas.

[6] Disponível em: <https://virtuoso.openlinksw.com/>
[7] Disponível em: <https://lov.linkeddata.es/dataset/lov/>

- 3 Estrelas: dados estruturados disponibilizados em formatos não-proprietários.
- 4 Estrelas: uso de padrões, como os propostos pelo W3C, para identificação dos dados.
- 5 Estrelas: conectar os dados com os dados de outrem, para oferecer um contexto para os mesmos.

2.3 Modelo de Ciclo de Vida de Dados Abertos Conectados

Este modelo foi desenvolvido tomando por base metodologias consagradas para Dados Abertos Conectados (BROEK; VEENSTRA; FOLMER, 2014). Inclui aspectos sociais, contempla múltiplas disciplinas e interage com parceiros internos e externos, assim como indica ações a serem tomadas após a publicação dos conjuntos de dados, pois a eficácia de Dados Abertos Conectados depende de quanto os mesmos serão usados.

As fases propostas pelo Modelo de Ciclo de Vida de Dados Abertos Conectados são apresentadas na Figura 1, sendo descritas a seguir.

Identificação: nessa fase ocorre a definição das estratégias a serem adotadas no processo de abertura dos dados, esclarecendo como esses podem contribuir para a missão da organização. Esta definição não inclui somente os dados a serem publicados, mas também quais dados devem ser reusados de outros conjuntos de dados.

Preparação: nessa fase ocorre a definição dos requisitos dos dados, contemplando os aspectos:

- Técnicos: (i) avaliar o nível de qualidade atual dos dados e dimensionar a meta de qualidade que se deseja obter, correlacionando-os com os níveis de Classificação 5 Estrelas; (ii) planejar gradualmente como chegar nos próximos níveis da meta desejada, sendo que o ideal seria o nível 5 Estrelas; e; (iii) realizar a seleção prévia dos formatos de dados, de acordo com os padrões da Web Semântica, tais como: RDF, XML, N3 e Turtle, consultas em SPARQL. Também é interessante avaliar a qualidade intrínseca dos dados de acordo com instrumentos de avaliação da qualidade (por exemplo, quão consistentes, completos e confiáveis são os dados).
- Econômicos: qual a proposição de valor dos dados e o modelo de negócio.
- Legais: definir a licença a usar.

Figura 1 - Modelo Ciclo de Vida de Dados Abertos Conectados

Fonte: Broek; Veenstra; Folmer (2014).

Publicação: essa fase tem como objetivo garantir a facilidade de localização técnica dos dados, assegurando a sua encontrabilidade pelos possíveis usuários. Para tal, os dados e metadados podem ser registrados em um catálogo de dados existente. Encontrar a plataforma correta para a publicação dos conjuntos de dados é fundamental para atrair a atenção e os usuários, assim como para diminuir os custos do descobrimento dos dados.

Outra opção é abrir um portal de dados próprio. Com o uso de URIs (*Universal Resource Identifier* - Identificador Universal de Recurso) é possível o rastreamento de dados. Assim, quando o usuário pesquisar pelo conjunto de dados, e estes estiverem conectados com novos conjuntos, mais dados podem ser explorados, sendo possível encontrar novos dados correlacionados. Garantir a encontrabilidade é encontrar o público-alvo dos dados e vice-versa, ou seja, ser encontrado por ele.

Reúso: para o efetivo reúso dos conjuntos de dados, é importante investir na construção de uma comunidade de Dados Abertos Conectados, ou seja, criar uma rede ao redor dos dados. Os parceiros podem ser organizações de direitos civis, empresários da web, incubadoras, institutos de pesquisa e cidadãos. Deve ser desenvolvido um plano que descreva como envolver a comunidade correta, de acordo com a estratégia de Dados Abertos Conectados elaborada no início do processo. A construção de uma comunidade aberta pode auxiliar no processo de atrair um *feedback* sobre os dados publicados, os quais ajudarão a melhorar a qualidade dos dados.

Avaliação: nessa fase são realizadas avaliações contínuas sobre a proposta dos dados, observando se os resultados da publicação estão condizentes em relação ao caso de negócio criado no início do projeto. Avaliar o impacto dos conjuntos de dados publicados usando indicadores como: número de *downloads*, combinações com outros conjuntos de dados, número de usuários, número de aplicações e quantidade de usuários finais destas aplicações.

2.4 Melhores Práticas para Dados na Web

As Melhores Práticas para Dados na Web (*Data on the Web Best Practices* – DWBPs) (LÓSCIO; BURLE; CALEGARI, 2017), foram desenvolvidas pelo W3C, sendo consideradas recomendações diretrizes para uma publicação consistente. As DWBPs favorecem a comparabilidade e a interoperabilidade entre conjuntos de dados na web, trazendo os seguintes benefícios para produtores e consumidores de dados:

- Reúso: aumento das chances de reutilização do conjunto de dados por consumidores diferentes.
- Compreensão: com o uso de metadados, melhora-se o entendimento dos humanos sobre a estrutura, o significado e a natureza do conjunto de dados.
- Ligação: com a identificação, semantificação e disponibilização dos dados permite-se a ligação entre itens de dados com outros conjuntos de dados.
- Descoberta: com a identificação e o fornecimento de metadados, habilitam-se as máquinas a descobrirem automaticamente os dados e suas ligações produzindo conhecimentos novos.
- Confiança: com as informações de proveniência, versionamento e licença dos dados os publicadores mostram como é realizada a preservação dos dados, aumentando a confiança nos mesmos.
- Acesso: com o fornecimento de variadas opções de acesso e formato dos dados, facilita-se o encontro e a exploração dos mesmos por humanos e máquinas.
- Interoperabilidade: com a adoção de um sistema de identificação comum, o uso de formatos padrão e a semantificação dos dados, possibilita-se a interoperabilidade dos mesmos.
- Processabilidade: com a disponibilização dos metadados, o uso de formatos padrão, a semantificação e a diversidade de disponibilização dos dados,

permite-se o processamento automático dos conjuntos de dados por máquinas.

Ao total são disponibilizadas 35 DWBPs, cuja última versão foi publicada em 31 de janeiro de 2017.

3. ESTUDO DE CASO

A seguir será descrito como foi utilizado o Modelo de Ciclo de Vida de Dados Abertos Conectados no estudo de caso desenvolvido.

Fase de Identificação

O estudo de caso iniciou-se com a busca de dados no Portal Brasileiro de Dados Abertos (Portal Brasileiro de Dados Abertos, 2021), tendo foco na procura por dados relacionados ao meio acadêmico da região Sul do Brasil. Após buscas e avaliações de diversos conjuntos de dados, foi selecionado o conjunto denominado Microdados do Censo Escolar[8], devido ao número de informações disponíveis e a qualidade dos dados presentes, além da confiabilidade dos dados, pois os mesmos foram gerados pelo Inep. Esse Censo Escolar é um levantamento de dados estatístico educacional de âmbito nacional, realizado todos os anos e coordenado pelo Inep. Ele é elaborado com a colaboração das Secretarias Estaduais e Municipais de Educação e com a participação de todas as escolas públicas e privadas do país.

Esse conjunto de dados é dividido em vários grupos, listando informações relacionadas aos docentes, aos alunos e as escolas brasileiras. Cada grupo de dados é subdividido por regiões do Brasil. Devido ao grande número de dados disponíveis, a princípio optou-se por selecionar os dados referente aos alunos da Região Sul. Os dados selecionados foram do ano de 2015, sendo esse o período mais atualizado disponível no Portal Brasileiro de Dados Abertos, no momento da realização da seleção dos dados.

Esses dados não possuíam metadados legíveis por máquina (em XML por exemplo), porém eram acompanhados de um arquivo PDF, o qual apresentava a descrição de todos os campos da tabela de dados. Os dados estavam disponíveis no

[8] Disponível em: <http://inep.gov.br/microdados>

formato CSV, contendo um total de 7.198.100 registros, cada um com 93 informações (campos) associadas.

Fase de Preparação

Nesta fase foram levantados os requisitos e realizada a modelagem dos dados. Devido a grande quantidade de informações associadas ao aluno, foi limitado um subconjunto dos dados para se trabalhar, sendo escolhidas as informações referentes a possíveis deficiências (físicas e intelectuais) que um aluno possa ou não ter.

Para realizar a limpeza e tratamentos dos dados, foi utilizado o software IBM SPSS Statistics, o qual oferece suporte a grandes bases de dados. Com o IBM SPSS foram eliminados os campos não relevantes, restando 29 campos. Além disso, o arquivo original, que era referente a todos os alunos da Região Sul, foi filtrado e reduzido para conter apenas aos registros dos alunos da cidade de Guarapuava, totalizando 42.965 registros.

Na sequência esse arquivo em CSV foi carregado na ferramenta LODRefine, sendo adicionadas novas colunas para serem utilizadas como URIs. Os URIs foram projetados seguindo as boas práticas sugeridas pelos autores da metodologia, fornecendo o máximo de informações possíveis a respeito do dado que o URI representa, além de usar padrões para garantir que cada URI seja único. Por exemplo, para representar um aluno dentro do censo, o URI gerado fornece o código do aluno, junto ao ano:

http://lod.unicentro.br/censo/ano/aluno/aluno_{ID_ALUNO}_ano_{ANO_DO_CENSO} sendo o {ID_ALUNO} substituído pelo código do aluno, e o {ANO_DO_CENSO} substituído pelo ano em que foi realizado o censo (neste caso 2015). Outras URIs seguem o mesmo padrão, sendo:

{...}/aluno_{ID_ALUNO} ano_{ANO_DO_CENSO}_deficiencias

para representar o conjunto de deficiências do aluno, e

{...}/escola_{COD_ESCOLA}

para representar a escola que esse aluno pertence.

Outra atividade realizada com o LODRefine foi a modelagem dos dados, para padronizá-los no formato RDF. A primeira atividade da modelagem, foi a busca e seleção de vocabulários que descrevem os dados. Os vocabulários foram pesquisados no *Linked Open Vocabularies* (LOV), dando prioridade à escolha de

vocabulários com mais expressividade, devido à qualidade que eles tendem a apresentar. Os vocabulários selecionados foram:

- DBO e GEOF para representar as propriedades relacionadas a localizações.
- TIME para representar as propriedades temporais.
- FOAF para representar as propriedades relacionadas a características de pessoas.
- DC e DCTerms para identificações, representações de URIs e códigos únicos.
- VIVO para representar os alunos e escolas.
- DICOM para representar as propriedades relacionadas a necessidades especiais.

A modelagem dos dados utilizando a Ferramenta LODRefine pode ser observada na Figura 2.

No caso das propriedades que representam as deficiências que o aluno pode ter, não foi encontrado nenhum vocabulário para descrevê-las, dessa maneira foi necessário criar o vocabulário para a modelagem, no próprio grafo a ser gerado, usando a LODRefine. Após definidos todos os vocabulários e realizada a modelagem, foi possível efetuar a geração dos dados em formato RDF, também usando a LODRefine.

Fase de Publicação

Nesta fase utilizou-se o Servidor de LOD do Grupo institucional Laboratório de Aplicações Semânticas e Distribuídas - LASeD para publicação dos dados. É utilizado o Servidor Universal *OpenLink Virtuoso,* fazendo uso do *endpoint* <http://lod.unicentro.br/sparql> que permite o acesso ao conjunto LOD da pesquisa utilizando o grafo padrão IRI: <http://lod.unicentro.br/censo/ano/aluno/>.

Fase de Reúso

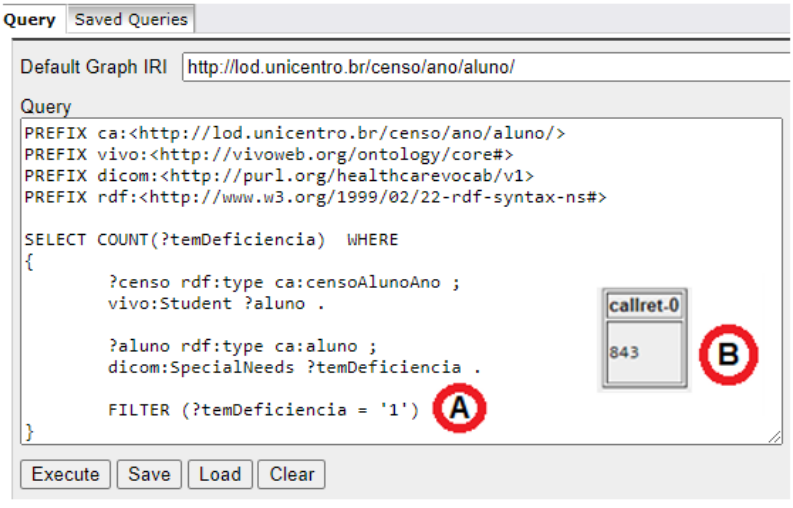
Nesta fase foram criadas algumas consultas em SPARQL para visualização ou reúso dos dados, assim como foi feita a ligação com outro conjunto de dados, o qual tem como foco principal as informações sobre a estrutura das escolas, e está também hospedado no servidor de LOD do Grupo LASeD.

Algumas consultas realizadas no conjunto de dados são apresentadas na sequência. A Figura 3 apresenta em (A) o *script* de uma consulta SPARQL para obter o número de alunos com deficiência em Guarapuava, assim como em (B) a sua resposta, sendo: 843 alunos.

Figura 2 - Modelagem do Conjunto de Dados na LODRefine

Fonte: Autores.

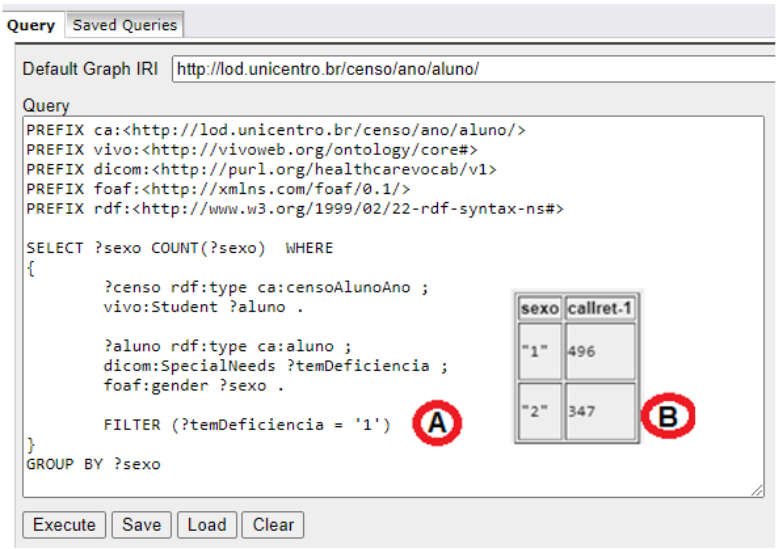
Figura 3 - Consulta sobre número de alunos com deficiência em Guarapuava



Fonte: Autores.

A Figura 4 apresenta em (A) o *script* de uma consulta SPARQL para obter o número de alunos com deficiência por sexo (1: sexo masculino, 2: sexo feminino), assim como em (B) a sua resposta, sendo: 496 alunos do sexo masculino e 347 alunas do sexo feminino.

Figura 4 - Consulta sobre número de alunos com deficiência por sexo (1: sexo masculino, 2: sexo feminino).



Fonte: Autores.

Usando a ferramenta LIMES, foi realizada a ligação com um segundo conjunto de dados, o qual pertence a esse mesmo Censo, porém aborda as estruturas das escolas brasileiras.

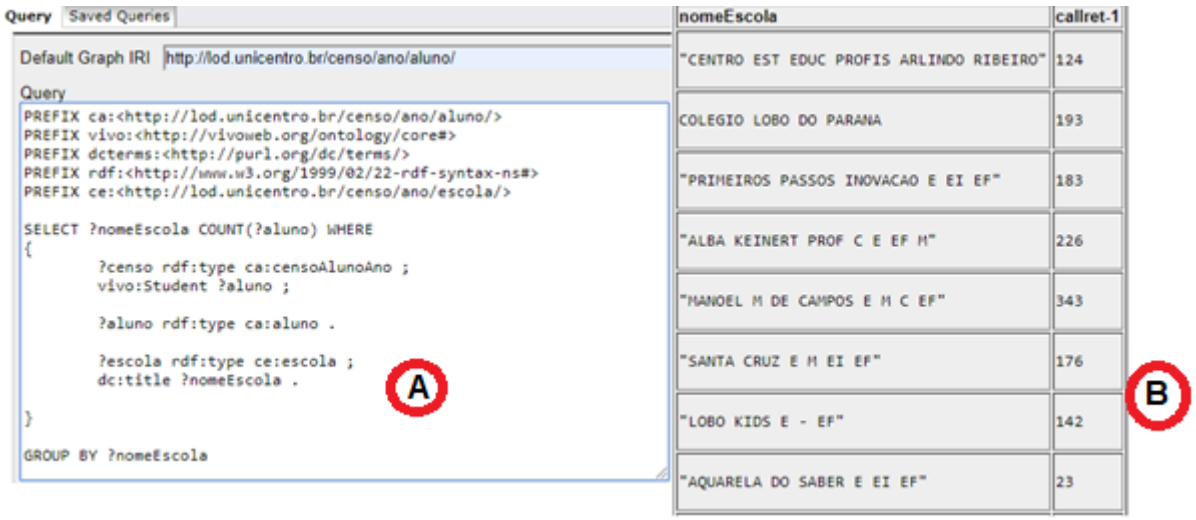
A ligação entre os dois conjuntos se deu com a configuração de um arquivo XML, o qual contém as informações dos dois conjuntos: os *endpoints* dos conjuntos; todos os prefixos dos vocabulários utilizados; a especificação do campo por meio do qual é feita a ligação dos dois conjuntos (nesse caso, o código das escolas, presente em ambos); e, por fim, a métrica de interligação. Como resultado, se obtém um RDF com todos os dados, sendo possível realizar consultas envolvendo as propriedades de ambos os conjuntos.

O RDF gerado na segunda etapa também foi carregado no servidor de LOD do Grupo LASeD. Dessa forma os dados podem ser consultados, extraindo-se informações complementares entre diferentes conjuntos.

Um exemplo de consulta SPARQL envolvendo os dois conjuntos de dados é apresentado na Figura 5, contendo em (A) o *script* de uma consulta para informar

quantos alunos estudam em cada escola e o nome da escola (o qual foi obtido do segundo conjunto de dados, cujo prefixo foi denominado ‘ce’), e em (B) o resultado parcial da consulta, devido ao número relativamente grande de escolas.

Figura 5 - Consulta envolvendo 2 conjuntos de dados.



Fonte: Os Autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, buscou-se utilizar as DWBPs propostas pelo Consórcio W3C. Portanto, toda a modelagem do RDF e a criação dos URIs foram criados com foco na utilização do maior número possível de Melhores Práticas. As Melhores Práticas (DWBPs) contempladas nessa pesquisa foram:

- DWBP 9: referente ao uso de URIs persistentes para o conjunto de dados.
- DWBP 10: referente ao uso de URIs persistentes como identificadores dentro do conjunto de dados e de seus recursos.
- DWBP 12: referente ao uso de formatos de dados padrão legíveis por máquina (sendo utilizado o formato padrão RDF).
- DWBP 15: referente à utilização de vocabulários padronizados já existentes, na maior parte da modelagem.
- DWBP 16: referente à escolha do nível de formalização adequado dos vocabulários.
- DWBP 31: referente à ligação com o conjunto de dados sobre as escolas brasileiras, enriquecendo os dados e gerando novos dados.

Com a aplicação dessas DWBPs são dados alguns passos para alcançar os seguintes benefícios:

- Compreensão: pela aplicação das DWBPs 15 e 31.
- Processabilidade: pela aplicação das DWBPs 12, 15 e 31.
- Descoberta: pela aplicação das DWBPs 9 e 10.
- Reúso: pela aplicação das DWBPs 9, 10, 12, 15, 16 e 31.
- Confiança: pela aplicação das DWBPs 15 e 31.
- Ligação: pela aplicação das DWBPs 9 e 10.
- Interoperabilidade: pela aplicação das DWBPs 9, 10, 15 e 16.

Vale ressaltar que quanto mais DWBPs forem aplicadas, mais fortemente são alcançados os benefícios, sendo esses percebidos tanto por parte dos publicadores quanto dos consumidores.

Embora tenham sido aplicadas apenas 6 das 35 DWBPs existentes, o único benefício que não foi minimamente atingido é referente ao acesso aos dados, pois com o estudo de caso desenvolvido não foram aplicadas nenhuma das DWBPs que conferem esse benefício (DWBPs 17 a 21, 23 e 24). Como consequência, o desafio não superado é referente a possibilitar a humanos e máquinas o fácil o acesso aos dados utilizando a infraestrutura da web.

Outro resultado obtido foi a disponibilização do conjunto de dados na classificação 5 Estrelas para consulta, pois o conjunto original se encontrava na classificação 3 Estrelas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de Dados Abertos Conectados na Web Semântica se mostra uma excelente forma de trabalhar e organizar a crescente quantidade de informações disponíveis na internet. Entretanto, por se tratar de uma tecnologia relativamente recente, ainda se encontram algumas dificuldades para realizar a abertura de dados, principalmente em torno de determinados conceitos que definem a Web Semântica.

Esta pesquisa teve como objetivo aplicar uma das metodologias para realizar a abertura e ligação de alguns Dados Governamentais Abertos Conectados, a fim de estudar e compreender o funcionamento da Web Semântica, e todos os processos necessários para publicação e uso dos dados.

Com o desenvolvimento do estudo de caso foi possível mostrar que a abertura de conjuntos de dados pode ser uma forma eficiente de possibilitar a reutilização dos mesmos. Outro resultado obtido, refere-se a interligação entre diferentes grafos RDFs, o que tornou as informações obtidas durante as consultas, mais significativas. Também, os benefícios obtidos pela aplicação de melhores práticas para publicação e uso dos dados facilita a interação entre publicadores e consumidores.

Devido a utilização das DWBPs, pode-se realizar este trabalho seguindo padrões, permitindo que outros pesquisadores, desenvolvedores ou consumidores de dados possam utilizar e realizar novos trabalhos sobre esta base de dados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária que apoiou o desenvolvimento deste projeto.

REFERÊNCIAS

Berners-Lee, T.; Hendler, J.; Lassila, O., *et al*. (2001). **The semantic web**. Scientific american, 284(5):28–37.

Berners-Lee, T. (2006). **Linked data-design issues**. Disponível em: <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>. Acesso em: 15 set. 2021.

Broek, T.; Veenstra, A. F.; Folmer, E. (2014). **Walking the extra byte: A Lifecycle Model for Linked Open Data. Pilot Linked Open Data Nederland**. Linked Open Data.

DuCharme, B. (2013). **Learning Sparql**. "O'Reilly Media, Inc.".
Gesing, Sandra *et al*. (2012). **HealthGrid applications and technologies meet science gateways for life sciences**. Ios Press. 124-129.

IBM (2019). **IBM SPSS Statistics**. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/products/spss-statistics>. Acesso em: 15 set. 2021.

Lóscio, B. F.; Burle, C.; Calegari, N. **Data on the Web Best Practices**. W3C Recommendation 31 January 2017. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/dwbp/>. Acesso em: 15 set. 2021.

Openlink Software (2017). **Openlink virtuoso universal server documentation.** Disponível em: <http://docs.openlinksw.com/virtuoso>. Acesso em: 15 set. 2021.

Verborgh, R.; De Wilde, M. (2013). **Using OpenRefine**. Packt Publishing Ltd.
Portal Brasileiro de Dados Abertos. Disponível em:<http://dados.gov.br/>. Acesso em: 15 set. 2021.

SOBRE O ORGANIZADOR

Edilson Antonio Catapan: Doutor e Mestre em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (2005 e 2001), Especialista em Gestão de Concessionárias de Energia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná - UFPR (1997), Especialista em Engenharia Econômica pela Faculdade de Administração e Economia - FAE (1987) e Graduado em Administração pela Universidade Positivo (1984). Foi Executivo de Finanças por 33 anos (1980 a 2013) da Companhia Paranaense de Energia - COPEL/PR. Atuou como Coordenador do Curso de Administração da Faculdade da Indústria da Federação das Indústrias do Paraná - FIEP e Coordenador de Cursos de Pós-Graduação da FIEP. Foi Professor da UTFPR (CEFET/PR) de 1986 a 1998 e da PUCPR entre 1999 a 2008. Membro do Conselho Editorial da Revista Espaço e Energia, avaliador de Artigos do Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP e do Congresso Nacional de Excelência em Gestão - CNEG. Também atua como Editor Chefe das seguintes Revistas Acadêmicas: Brazilian Journal of Development, Brazilian Applied Science Review e Brazilian Journal of Health Review.

Agência Brasileira ISBN
ISBN: 978-65-81028-09-1.